

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
Informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tietotekniikan laitos

Tero Leppänen

## **Testerisuunnitteluprosessin kehittäminen**

Diplomityö  
Espoo 23.11.2009

Valvoja: Professori Casper Lassenius  
Ohjaaja: DI Anne Kostiainen

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
Tietotekniikan laitoksen kirjasto  
KOHENNUKSEN T  
02150 ESPOO

## Tiivistelmä

TEKNILLINEN KORKEAKOULU Informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunta Tietotekniikan laitos		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä Tero Leppänen		Päiväys	23.11.2009
		Sivumäärä	96
Työn nimi Testerisuunnitteluprosessin kehittäminen			
Professuuri Ohjelmistotuotanto- ja liiketoiminta		Koodi T-76	
Valvoja Professori Casper Lassenius			
Ohjaaja DI Anne Kostiainen			
<p>Tämän diplomityön tavoitteena oli Espotel Oy:n testerisuunnitteluprosessin kehittäminen. Kehityskohteina olivat testerisuunnittelun tehokkuuden, asiakastyytyväisyyden ja henkilöstötyytyväisyyden parantaminen sekä itse prosessin käytettävyyden kehittäminen. Työn alussa kuvataan toimintaympäristö sekä tuotteet, joihin kehitettävä prosessi liittyy. Alunperin käytössä ollut prosessimalli esitellään ja siihen liittyvät kehitystarpeet käydään yksityiskohtaisesti läpi. Kehityskohteiden tarkentamiseksi testeri-projekteja analysoitiin. Eräs havainto oli projektien pitkä kesto suhteessa niiden työmäärään, jota voidaan pitää tärkeimpänä tekijänä projektien tehottomuudelle. Projektit luokiteltiin ja sen perusteella valittiin prosessikehityksen kannalta tärkeimmät projektityypit. Projektien ominaisuuksia ja sisältöä tarkastelemalla löydettiin testeriprojekteille ominaisia piirteitä, jotka huomioitiin prosessia kehitettäessä.</p> <p>Työssä esitellään testerisuunnittelun kannalta mielenkiintoisimmat suunnitelmaohjautuvat ja ketterät kehitysmenetelmät sekä pohditaan niiden soveltuvuutta testerikehitykseen. Esitellyt mallit eivät sellaisenaan soveltuneet testerikehitykseen, niinpä työssä kehitettiin oma testerisuunnittelun tarpeisiin räätälöity prosessimalli. Kehitetty malli on luonteeltaan suunnitelmaohjautuva, mutta sisältää myös ketterien menetelmien piirteitä. Uusi testerisuunnitteluprosessi koostuu kolmesta päävaiheesta ja portista, jotka esitellään työssä. Vaiheista keskimäinen, toteutusvaihe, on koko prosessin kannalta tärkein ja työssä on keskitytty erityisesti sen kehittämiseen.</p> <p>Uusi prosessimalli otettiin käyttöön Espotelissa syksyllä 2009. Mallin käyttöönotto ja välittömästi käyttöönoton jälkeen saatu palaute on esitelty tämän työn loppuosassa. Saadun palautteen perusteella kehityshanke onnistui hyvin. Pilottiprojektitiimien mielestä uusi prosessimalli tehostaa toimintaa ja auttaa testeri-projekteja täyttämään tiukat kustannus- ja aikatauluvaatimukset. Tämän diplomityön puitteissa ei kuitenkaan ehditty toteuttaa yhtään kokonaista projektia uudella prosessimallilla, joten sen toimintaa käytännössä on vielä liian aikaista arvioida. Työn lopussa on esitetty jatkotoimenpiteet, joiden avulla prosessimallin toimintaa voidaan mitata ja kehittää edelleen.</p>			
Avainsanat Testaussuunnittelu, suunnitteluprosessi, prosessikehitys, tuotantotestaus			



## Abstract

HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Faculty of Information and Natural Sciences Department of Information and Computer Science		ABSTRACT OF MASTER'S THESIS	
Author  Tero Leppänen		Date  November 23rd 2009	
		Pages  96	
Title of thesis  Improving of Test System Design Process			
Professorship  Software Business and Engineering		Professorship Code  T-76	
Supervisor  Professor Casper Lassenius			
Instructor  Anne Kostiainen, M.Sc.(Tech)			
<p>The purpose of this Master's thesis was to define how Espotel can improve its Test System Design Process. The main improvement targets for the development were efficiency, customer satisfaction, employer satisfaction and usability of the process. The beginning part of this study deals with end products and the operating environment of the process under development. The Original process model is introduced and the development targets are presented with details. Test system design projects were analysed in order to gain deeper understanding of development targets. One observation was that the duration of the projects is long when compared to the workload and it proved to be the main reason for low efficiency. Classification was applied to the projects and the most important project types were selected to be the main targets for process improvement. The typical characteristics of the test system design projects were determined by examining several projects. The discovered characteristics were taken into account when the process was improved.</p> <p>This thesis contains introductions to plan-driven and agile development methods. Their suitability for the test system design was considered. The presented methods did not fit directly to the test system design. Instead, a tailored process for the test system design was developed. The nature of the produced process is plan-driven, although it contains also some features from agile methods. The new process consists of three main phases and gates, which are introduced. The main focus was on the development of the implementation phase, which can be considered the most important part.</p> <p>The new process model was introduced during the autumn of 2009. The introduction phase and the first experiences of the new process are presented at the end of this thesis. According to the feedback obtained from the pilot projects, the process development was successful. In the opinion of the pilot project teams the new process model makes tester development more efficient and helps tester projects to meet tight schedule and cost requirements. In this study it was not possible to carry out a complete tester project with the developed process. Therefore it is too early to say how the new model will perform in practice. Further proposals for process model assessment and development are presented at the end of this thesis.</p>			
Keywords			
Test system design process, Process development, Production testing			

## Esipuhe

Olen saanut olla mukana kehittämässä Espotel Oy:n testaussuunnitteluliiketoimintaa vuodesta 2005 saakka. Toiminta on jalostunut muutaman henkilön suunnittelijaryhmästä omaksi liiketoimintayksiköksi, jolla on merkittävä rooli testerimarkkinoilla. Tuotantotesterit ovat osa Espotelin kokonaispalvelua, joka kattaa kaikki sulautetun elektroniikkatuotteen kehittämisen osa-alueet tuoteideasta tuotantoon viedyksi tuotteeksi asti. Testeriliiketoiminnan perustana ovat omat tuotealustat ja valmiskomponentit, joita hyödyntämällä projektit pystytään viemään läpi tehokkaasti ilman turhia riskejä. Toiminnan alkuvaiheessa omat tuotealustat ja tekniset ratkaisut olivat korostetusti esillä. Liiketoimintaa kehittäessä huomasimme varsin pian, että toimivilla prosesseilla ja toimintatapojen jatkuvalla arvioinnilla on vähintäänkin yhtä suuri merkitys menestyksen tekijänä. Toiminnan laajentuessa testerisuunnittelun prosesseja onkin kehitetty koko ajan vastaamaan kasvavia tarpeita ja odotuksia. Tässä diplomityössä esitellään eräs prosessin kehityshanke, jolla kilpailukykyä kehitetään entisestään.

Haluan kiittää Espotel Oy:ta näköalapaikasta uuden liiketoiminnan kehittämisessä. Kollegat testeriosastolla ovat osallistuneet aktiivisesti tässä työssä esiteltävään prosessin kehityshankkeeseen. Olen saanut heiltä arvokkaita kommentteja ja palautetta työn edetessä. Kiitokset kaikille työtovereilleni saamastani tuesta!

Kiitän työni valvojaa, professori Casper Lasseniusta rakentavista keskustelutuokioista ja käytännöllisistä neuvoista. Työni ohjaaja laukupäällikkö, diplomi-insinööri Anne Kostiainen on antanut hyvää palautetta ja huolehtinut monista käytännön järjestelyistä. Erityisesti haluan kiittää Annea ja Casperia työn rajaamiseen liittyvästä ohjauksesta.

Eniten tukea opiskelun loppuun saattamiseen ja diplomityön tekemiseen olen saanut vaimoltani Taavalta. Perhe-elämän, töiden ja opiskelun yhteensovittaminen on vaatinut puolisolta täydellistä sitoutumista ja välillä myös uhrauksia tämän pitkäaikaisen tavoitteen saavuttamiseksi. Kiitos Taava! Lapseni Lotta ja Lauri ovat tukeneet luovaa ajatteluprosessia siirtämällä säännöllisesti ajatukseni diplomityöstä täysin muihin asioihin. Perheen kanssa vietetyt yhteiset hetket ovat auttaneet minua jaksamaan tämän työntäyteisen rupeaman yli.

Vantaalla  
22.11.2009

Tero Leppänen

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	II
Abstract.....	III
Esipuhe .....	IV
Sisällysluettelo.....	V
Termit ja lyhenteet.....	IX
1 Johdanto.....	1
1.1 Tutkimusongelma .....	2
1.2 Työssä käytetyt metodit.....	2
1.3 Työn rakenne .....	3
2 Testerisuunnitteluprosessi lähtötilanteessa.....	5
2.1 Testausjärjestelmät-liiketoimintayksikkö (BU4).....	5
2.2 Mihin testereitä tarvitaan? .....	6
2.3 Toiminallisen testerin rakenne ja tuotealustat .....	7
2.4 Asiakkaat .....	7
2.5 Projektit ja palvelut.....	8
2.6 Testausliiketoiminnan kehittymien .....	8
2.7 Toimintajärjestelmä .....	9
2.8 Prosessikuvaus lähtötilanteessa .....	10
2.9 Liiketoimintayksikön organisaatio .....	12
2.10 Tarve prosessimallin kehittämiseksi .....	12
2.10.1 Tehokkuuden parantaminen .....	13
2.10.2 Prosessimallin käytettävyyden parantaminen.....	13
2.10.3 Asiakastyytyväisyyden kehittäminen .....	14
2.10.4 Henkilöstötyytyväisyyden kehittäminen .....	14
2.11 Yhteenveto.....	15
3 Projektien tarkastelua .....	16
3.1 Projektien lukumäärä ja asiakkaat .....	16
3.2 Projektien luokittelu lopputuloksen perusteella .....	17
3.2.1 Projektiluokat .....	18



3.2.2	Luokittelun hankaluus .....	20
3.3	Johtopäätökset luokittelusta.....	21
3.4	Esimerkkiprojekti .....	21
3.4.1	Esimerkkiprojektin kulku .....	22
3.4.2	Esimerkkiprojektin osatehtävät ja niiden työmäärät .....	23
3.4.3	Huomioita esimerkkiprojektista .....	25
3.5	Testeriprojektien ominaispiirteitä.....	26
3.5.1	Tuotealustojen käyttö .....	26
3.5.2	Riippuvuus tuotekehitysprojekteista .....	26
3.5.3	Projektien lukumäärä ja niiden kesto .....	27
3.6	Yhteenveto.....	29
4	Prosessimallin valinta.....	30
4.1	Testeriprosessin vaatimukset.....	30
4.2	Prosessimallit.....	31
4.2.1	Stage-Gate .....	32
4.2.2	Ohjelmistokehityksen prosessimallit.....	33
4.2.3	Vesiputousmalli .....	33
4.2.4	Iteratiiviset prosessimallit.....	34
4.2.5	Inkrementaalinen malli.....	35
4.2.6	Prototyypimalli .....	36
4.2.7	Spiraalimalli .....	36
4.2.8	Komponenttimalli.....	38
4.2.9	Aikarajoitettu malli.....	38
4.2.10	Ketterät prosessimallit .....	39
4.2.11	Extreme Programming, XP .....	40
4.2.12	Scrum.....	42
4.2.13	Testeriprojektien kotikenttä.....	44
4.3	Yhteenveto.....	46



5	Uusi prosessimalli .....	48
5.1	Prosessimallin esittely .....	48
5.1.1	Määrittelyvaihe .....	49
5.1.2	TG1-portti .....	50
5.1.3	Toteutusvaihe .....	51
5.1.4	TG2-portti .....	52
5.1.5	Käyttöönottovaihe .....	52
5.1.6	TG3-portti .....	54
5.2	Toteutusvaiheen yksityiskohtainen kuvaus .....	55
5.2.1	Projektin valmistelu ja aloituskokous .....	55
5.2.2	Projektin suunnittelu .....	56
5.2.3	Testerin suunnittelu ja valmistus .....	56
5.2.4	Integroitivaihe .....	57
5.2.5	Verifiointivaihe .....	57
5.2.6	Toteutusvaiheen lopetus ja mittaaminen .....	58
5.3	Yhteenveto .....	59
6	Uuden prosessimallin käyttöönotto .....	60
6.1	Prosessimallin esittely projektitiimeille .....	60
6.2	Uuden prosessimallin hyödyntäminen .....	61
6.2.1	TG1-kriteeristön pilotointi .....	61
6.2.2	Kritiikki ja kehitysehdotukset .....	62
6.3	Kyselyn avulla kerätty palaute .....	63
6.4	Yhteenveto .....	65
7	Johtopäätökset .....	66
7.1	Tutkimustulokset .....	66
7.2	Onnistumisen arviointi .....	67
7.3	Jatkotoimenpiteet .....	68
	Lähdeluettelo .....	70

Liite A: Alkuperäisen testeriprosessin mittarit.....	73
Liite B: Asiakastyytyväisyyskysely .....	75
Liite C: Henkilöstötyytyväisyyskyselyn tulokset.....	77
Liite D: TG1-kriteerit .....	81
Liite E: TG2-kriteerit.....	82
Liite F: TG3-kriteerit.....	83
Liite G: TG1:n soveltaminen pilottiprojektiin 1.....	84
Liite H: Kysely uuden prosessimallin käyttöönotosta.....	85

## Termit ja lyhenteet

Cpk	Prosessin kyvykkyyttä kuvaava tilastollinen suure
Defect Pareto	Tilastollinen menetelmä löydettyjen vikojen luokitteluun
DfM	Design for Manufacturing, tuotesuunnittelun osa-alue, jossa painotetaan tuotannollisuutta.
DfT	Design for Testing, tuotesuunnittelun osa-alue, jossa painotetaan tuotteen testattavuutta.
FAT	Factory Acceptance Test, vakiomuotoinen katselmointi, jolla varmistetaan testilaitteen kelpoisuus ennen sen toimittamista tehtaalle.
FPY	First Pass Yield, tuotannon ensisaanto
Gage R&R -menetelmä	Tilastollinen työkalu, jonka avulla voidaan selvittää mittausjärjestelmän mittausvirhe eli järjestelmästä itsestään johtuva vaihtelu.
GPiB	General Purpose Interface Bus (IEEE-488), mittalaitteiden liitäntästandardi
LabVIEW	National Instrumentsin kehittämä graafinen ohjelmointiympäristö, jota käytetään erityisesti mittaus- ja testaussovelluksissa.
LXI	LAN eXtensions for Instrumentation, ethernet-väylään perustuva mittalaitteiden liitäntästandardi
NPI	New Product Introduction, uuden tuotteen siirto tuotekehityksestä tuotantoon
ODM	Original Design Manufacturer. Liiketoimintamalli, jossa tuotemerkin omistaja on ulkoistanut tuotteiden suunnittelun ja valmistuksen ODM-yritykselle.
Off-line-testeri	Testeri, jota ei ole liitetty kiinteästi tehtaan tuotantolinjaan.
Procket	Yleisnimitys Espotelin testerituotealustalle. Procket-tuotealusta sisältää mekaniikkaa, elektroniikkaa ja ohjelmistoa.
Procket Flex	Espotelin testeriliiketoimintaan liittyviä tuotealustoja
Procket Compact	
Procket Light	
Procket SPCTool	
PXI	PCI eXtensions for Instrumentation, modulaarinen PCI-liitäntään perustuva väyläarkkitehtuuri mittalaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen
RUP	Rational Unified Process, iteratiivisen ja inkrementaalisen ohjelmistokehityksen prosessikehys
SAT	Site Acceptance Test, vakiomuotoinen katselmointi, jolla varmistetaan testilaitteen toiminta tehtaalla heti toimituksen jälkeen.
Scrum	Ketterä ohjelmistokehitysmenetelmä
Stand-alone –testeri	Vain yhden tuotteen testaamiseen soveltuva testilaitte,

Testeri	joka sisältää kaikki tarvittavat osat (mittalaitteet, PC, tuotekohtainen sovitus, ohjelmistot, mekaniikka ja elektroniikka).
Testiadapteri	Elektroniikkatuotannossa käytettävä testilaite. Testiadapterin avulla sovitetaan erilaiset tuotteet yhteiseen testiasemaan. Jokaista tuotetta ja testiadapteria varten on oma testiohjelma, joka suoritetaan testiaseman PC:ssä.
Testiasema	Mittalaitteet ja PC:n käsittävä kokonaisuus, joka soveltuu useamman eri tuotteen testaamiseen tuotekohtaista testiadapteria vaihtamalla.
TestStand	National Instrumentsin testienhallintaohjelmisto
USB	Universal Serial Bus, oheislaitteiden liittämiseen käytettävä sarjaväylä
UUT	Unit Under Test, testattava tuote



# 1 Johdanto

Espotel Oy on sulautettujen järjestelmien tuotekehitykseen erikoistunut yritys. Yritys on perustettu vuonna 1986 ja se työllistää tällä hetkellä 230 henkilöä seitsemällä paikkakunnalla Suomessa. Espotel suunnittelee ohjelmistoja, elektroniikkaa, mekaniikkaa, automaatiota ja testilaitteita eri toimialoilla toimiville asiakkailleen. Espotel tarjoaa kokonaisvaltaista suunnittelupalvelua lähtien liikkeelle tuoteideasta ja päätyen valmiiksi, tuotantoon viedyksi tuotteeksi asti. Toiminnan kulmakivenä on kokonaispalvelu, jossa asiakasyritys voi hankkia kaikki sulautetun tuotteen suunnittelupalvelut yhdestä paikasta. Yhteistyöverkoston avulla yritys pystyy tarjoamaan projekteihin kapeiden erikoisalueiden osajia ja resursoimaan laajatin hankkeet. Suunnittelun eri osa-alueet niputetaan yhteen projektinhallinnan avulla.

Espotelin toiminta on jaettu neljään liiketoimintayksikköön eri toimialojen mukaisesti. Asiakasyritykset toimivat eri teollisuuden aloilla, lääketieteessä sekä tietoliikenne- ja kuluttajasektoreilla. Jokaisella liiketoimintayksiköllä on asiakaskunnan mukainen erikoistumisalueensa, joiden puitteissa ne tuottavat palveluita asiakkailleen. Toiminnan tueksi liiketoimintayksiköt kehittävät itsenäisesti toimintaansa, tuotealustoja ja prosessejaan asiakastarpeiden mukaisesti. Yrityksessä havaittiin tarve testerisuunnitteluprosessin kehittämiseksi. Tässä diplomityössä esitellään ja analysoidaan kehittämistarpeen syyt ja kuvataan prosessinkehityshanke suunnittelusta käyttöönottoon asti. Kehityksen kohteena oleva prosessi on testausjärjestelmiä tuottavan liiketoimintayksikön pääprosessi.

Kaikkea työtä, jota teemme, voidaan kutsua prosessiksi. Prosessi sisältää joukon loogisesti toisiinsa liittyviä työvaiheita ja niiden toteuttamiseen tarvittavat resurssit, joiden avulla saadaan aikaan toiminnan tulokset. (Pesonen 2007) Esimerkiksi valmistalopaketin toimittaminen on prosessi, jossa asiakas tilaa haluamansa talomallin, talotoimittaja suunnittelee toimituksen, tehdas valmistaa valmistaa talon ja kuljetusliike toimittaa sen asiakkaalle. Lopuksi asiakas hyväksyy toimituksen ja ottaa talon käyttöön. Yksittäinen talotoimitus on projekti, joka noudattaa esimerkissä kuvattua prosessia.

Projektiliiketoiminnassa prosessit toimivat apuvälineinä, joiden avulla määritellään yksittäisille projekteille yhteiset toimintatavat. Käytäntöjen yhtenäistämällä pyritään parhaimpien toimintatapojen levittämiseen kaikkien projektien käyttöön ja toiminnan tehostamiseen. Laadukkaat ja toimivat prosessit ovat yritysten tärkeimpiä kilpailuvaltteja. Prosessikuvaukset auttavat ymmärtämään yrityksen toimintoja ja kehittämään sitä oikeaan suuntaan. (Pesonen 2007) Asiantuntijaorganisaatiossa oman toiminnan mittaaminen ja arviointi ovat jatkuvaa työtä. Arvioinnin perusteella prosesseja voidaan hienosäätää tai käynnistää laajempia kehityshankkeita, joissa koko prosessin toimintaa tarkastellaan uudelleen. Tässä diplomityössä työssä on kyse laajasta kehitysprojektista, jossa luodaan uusi prosessimalli testerisuunnittelulle.

## 1.1 Tutkimusongelma

Tämän diplomityön tarkoituksena on kehittää Espotel Oy:n testerisuunnitteluprosessia. Kehityksen kohteena oleva prosessi tuottaa elektroniikkatuotannon laadunvarmistamiseen käytettäviä testilaitteita, testereitä. Testerisuunnitteluprosessi on eräs Espotel Oy:n pääprosesseista. Prosessi kattaa elektroniikkatuotannon testauslaitteen kehityksen määrittelystä toimitukseen ja käyttöönottoon asti. Testerikehitys sisältää useita eri työvaiheita ja toimintoja kuten esim. määrittelyä, mekaniikka-, elektroniikka- ja ohjelmistosuunnittelua.

Tutkimusongelma on laaja ja tässä työssä ongelmaa lähestytään vaiheittain. Vaiheiden mukaan jaoteltuna tutkimusongelma voidaan purkaa tutkimuskysymyksiksi seuraavasti:

- K1: Minkälainen on testerisuunnitteluprosessi tällä hetkellä?
- K2: Mitkä ovat prosessin ongelmakohdat?
- K3: Miten prosessia voisi kehittää?
- K4: Kuinka prosessin kehittämisessä onnistuttiin?

## 1.2 Työssä käytetyt metodit

Tässä diplomityössä on käytetty tiedonhankintaan pääosin laadullisia menetelmiä, kuten teema-haastatteluja, ryhmäkeskusteluja ja kohdennettuja kyselyitä. Haastattelujen, keskustelujen ja kyselyiden kohteet valittiin tarkoituksenmukaisesti ja työssä käytetty tutkimussuunnitelma muotoutui osittain vasta sen edetessä. Työ on luonteeltaan kvalitatiivinen tutkimus (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 1997). Koska työssä käsitellään yhtä yritystä ja sen yksittäistä prosessia, se voidaan luokitella tapaustutkimukseksi (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 1997). Tapaustutkimukselle on tyypillistä, että tietoa kerätään useita eri menetelmiä käyttäen ja yhdistellen.

Työn eräinä lähtötietoina käytettiin keväällä 2009 tehtyjä henkilöstö- ja asiakastyytyväisyyskyselyjä. Kyselyt sisälsivät asteikkoihin perustuvia monivalintakysymyksiä ja avoimia kysymyksiä. Molempiin kyselyihin saadut vastaukset analysoitiin ja lisäksi henkilöstötyytyväisyyskyselyn tuloksia tarkennettiin ryhmäkeskustelun avulla.

Työn alussa käytettiin teemahaastatteluita tutkimuksen rajaamiseen ja tutkimuskysymysten tarkentamiseen. Kvalitatiivisen tarkastelun lisäksi aineistoa kerättiin tutkimalla testerisuunnitteluprojekteja kvantitatiivisin menetelmin. Projektien lukumäärää, niiden kestoa, jakaumaa asiakkaittain sekä yksittäisen projektin toteumaa tarkasteltiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saatujen tietojen perusteella. Projektien analysoinnin tulokset esiteltiin projektipäällikköryhmälle ja saatuja tuloksia verrattiin heidän kokemuksiinsa. Ryhmäkeskustelun avulla löydettiin joukko testeriprojekteille ominaisia piirteitä ja analyysin tuloksia voitiin sen perusteella yleistää.

Työssä käytettiin luokittelua selventämään erilaisten projektityyppien välisiä eroja. Luokittelun perusteella työtä rajattiin ja valittiin tärkeimmät projektityypit prosessikehityksen ensisijaiseksi kohteeksi.

Kirjallisuudessa on käsitelty runsaasti erilaisia prosessimalleja. Tässä työssä on esitellään suuresta joukosta testerisuunnittelun kannalta kiinnostavimmat mallit. Työssä käydään läpi mallien keskeiset piirteet ja pohditaan niiden soveltuvuutta testerikehitykseen. Lähtötietojen ja



tutkimusaineiston perusteella kerättiin testerisuunnitteluprosessin vaatimusluettelo. Kirjallisuuskatsauksen lopuksi vertaillaan, kuinka hyvin eri prosessimallit vastaavat esitettyihin vaatimuksiin.

Lähtötietojen, tutkimusaineiston ja kirjallisuustutkimuksen perusteella työssä kehitettiin uusi prosessimalli, joka otettiin käyttöön kahdessa pilottiprojektissa. Mallin soveltuvuutta käytäntöön arvioitiin ryhmäkeskustelujen ja kyselyn perusteella. Molemmille pilottiprojektitiimeille järjestettiin esittelytilaisuus, jossa käytiin keskustelua mallin soveltuvuudesta. Keskustelut tallennettiin tässä työssä esitettävää analyysia varten. Prosessimallin käyttöönoton jälkeen järjestettiin projektitiimien jäsenille www-pohjainen kysely mallin toimivuudesta ja käyttöönoton sujuvuudesta. Kysely koostui asteikkopohjaisista monivalintakysymyksistä ja avoimista kysymyksistä. Kyselyn tulokset ja niiden analysointi on esitetty tässä työssä.

### **1.3 Työn rakenne**

Työn rakenne noudattaa tutkimuskysymysten järjestystä. Luvussa 2 kuvataan käytetty testaus-suunnitteluprosessi lähtötilanteessa, siinä haetaan vastausta ensimmäiseen tutkimuskysymykseen (K1). Aluksi esitellään testausjärjestelmiin keskittyvän liiketoimintayksikön tuotteet, palvelut ja asiakkaat. Luvussa esitellään yksikön organisaatio, käytetty prosessimalli, liiketoiminnan kehittymien nykyiseen muotoonsa ja tarpeet toiminnan kehittämiseksi.

Luku 3 käsittelee kohdeyrityksessä tehtyjä testeriprojekteja. Tarkoituksena on auttaa lukijaa muodostamaan kokonaiskuva toiminnan ja projektien luonteesta sekä kerätä tietoa tutkimuskysymyksiin K1 ja K2. Luvun alussa tarkastellaan projektien lukumäärää ja niiden jakautumista asiakkaittain sekä esitellään malli projektien luokitteluksi. Luokittelun perusteella priorisoidaan kehittämistarpeita projektityyppien mukaan. Luvussa esitellään myös esimerkki-projekti, jonka avulla lukijalle muodostuu kuva tyypillisen testeriprojektin vaiheista ja etenemisestä. Esimerkkiprojektin onnistumista arvioidaan sekä etsitään syitä projektin kustannusarvion ja aikataulun ylityksille. Lopuksi luvussa kuvattuja havaintoja verrataan muista projekteista saatuihin kokemuksiin ja näiden perusteella esitetään joukko testeriprojekteille tyypillisiä piirteitä.

Luvussa 4 pohditaan mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja tutkimuskysymykseen K3. Siinä perehdytään kirjallisuudesta haettuihin prosessimalleihin ja pohditaan niiden soveltuvuutta testerikehitykseen. Luvun alussa kootaan yhteen kehitettävälle prosessimallille asetetut vaatimukset, joiden perusteella kirjallisuudesta haettuja malleja voidaan vertailla. Luvun lopussa esitetään yhteenveto eri prosessimallien soveltuvuudesta testerikehitykseen.

Luvussa 5 esitellään testerikehityksen uusi prosessimalli. Malli sisältää piirteitä useista kirjallisuudessa esitellyistä prosesseista. Kehitetty toimintamalli koostuu kolmesta päävaiheesta ja niiden välisistä porteista. Kukin vaihe ja portti esitellään yksityiskohtaisesti. Tärkein vaihe, toteutus, kuvataan vielä tarkemmin. Uusi prosessimalli on perusluonteeltaan suunnitelmavetoinen, mutta siinä on piirteitä myös ketteristä prosessimalleista. Luvussa 5 esitetään ratkaisumalli tutkimuskysymykseen K3.

Luku 6 käsittelee uuden prosessimallin käyttöönottoa ja siitä saatua palautetta. Luku pyrkii vastaamaan tutkimuskysymykseen K4. Kehitetty prosessimalli otettiin koekäyttöön kahdessa

pilottiprojektissa syksyn 2009 aikana. Uusi toimintatapa esiteltiin projektitiimien jäsenille ja heiltä pyydettiin palautetta heti mallin käyttöönoton jälkeen. Luvussa esitellään käyttöönoton eri vaiheet ja prosessimallin kehittämisestä saatu palaute.

Luvussa 7 esitetään yhteenveto koko prosessikehityshankkeesta. Työn eri vaiheet kerrataan ja arvioidaan kuinka hyvin kehitystyölle asetetut tavoitteet saavutettiin. Onnistumista arvioidaan prosessimallin käyttöönotosta saadun palautteen perusteella. Prosessin kehittäminen on jatkuvaa toimintaa ja se jatkuu myös tämän diplomityön kirjoittamisen jälkeen. Luvun 7 lopussa kuvataan lyhyesti kuinka prosessin käyttöönottoa on tarkoitus jatkaa sekä esitetään joukko jatkokehityskohteita, joihin panostamalla toimintaa voidaan kehittää edelleen.

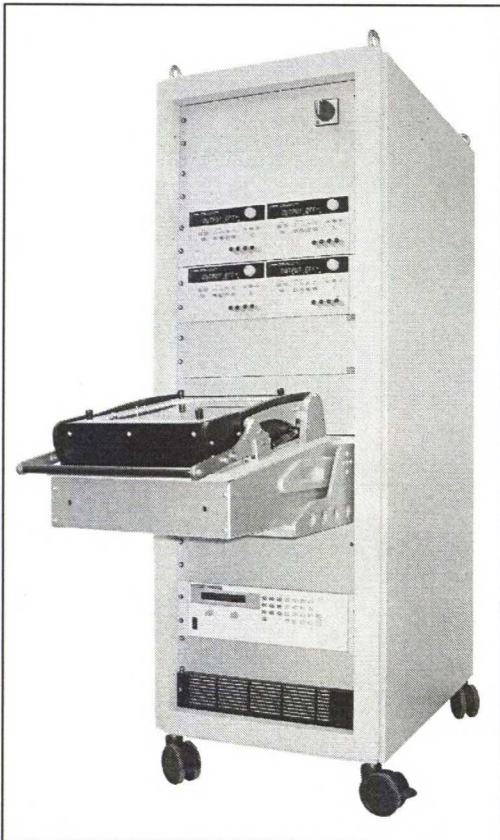


## 2 Testerisuunnitteluprosessi lähtötilanteessa

Tässä luvussa esitellään kohdeyritys Espotel Oy:n testaussuunnitteluprosessi lähtötilanteessa. Aluksi esitellään testausjärjestelmiin keskittyvän liiketoimintayksikön toiminta yleisesti. Yksikön palvelut ja tuotteet sekä niissä käytetyt tuotealustat kuvataan. Luvussa kerrotaan kuinka nykyinen toimintamalli on muotoutunut ja esitellään yksikön organisaatio sekä lähtötilanteessa käytetty prosessimalli. Luvun lopussa käydään läpi tärkeimmät syyt prosessimallin kehittämiseksi. Esitetyt lähtötiedot vastaavat tilannetta keväällä 2009.

### 2.1 Testausjärjestelmät-liiketoimintayksikkö (BU4)

Testausjärjestelmät-liiketoimintayksikkö tarjoaa elektroniikan testauksen asiantuntijapalveluita. Yksikkö suunnittelee ja toteuttaa elektroniikan tuotantotestaukseen käytettäviä laitteita ja ohjelmistoja. Tuotantotestauksen lisäksi samoja laitteita ja ohjelmistoja voidaan hyödyntää myös tuotekehitysaikaisessa automaattisessa testauksessa. Kuvassa 1 on esitetty Espotelin Procket Flex -alustaan perustuva komponenttilevytesteri.



Kuva 1. Procket Flex –testiasema ja testiadapteri.

Testausjärjestelmät-liiketoimintayksikkö työllistää suoraan 16 henkilöä, joiden lisäksi projekteissa käytetään tarpeen mukaan alihankintaa ja muiden liiketoimintayksiköiden henkilöstöä. Vuonna 2008 yksikkö suunnitteli ja valmisti tuotannon testilaitteita kymmenille eri tuotteille. Lisäksi ylläpidettiin ja päivitettiin jo tuotannossa olevia testereitä sekä kehitettiin tuotekehitysaikaisen testauksen automatisointia.

## 2.2 Mihin testereitä tarvitaan?

Tuotantokäytössä testereillä pyritään erottelemaan vialliset tuotteet tuotantosarjasta sekä kehittämään tuotannon laatua. Toiminallisessa testauksessa testattava tuote jaetaan testauksen kannalta sopiviin lohkoihin. Kuhunkin lohkoon syötetään vuorollaan sopivat herätteet ja lohkon ulostuloa eli vastetta verrataan asetettuihin raja-arvoihin. Herätteenä voi toimia esimerkiksi jännitepulssi tai prosessorille annettu komento. Vasteeksi voidaan saada sähköisesti mitattavia suureita tai komentoprotokollan avulla luettavia vastausviestejä. Vasteen perusteella voidaan päätellä toimiiko testattavana oleva lohko halutulla tavalla. Tuotteen kaikki lohkot testataan ja yhteistuloksen perusteella voidaan todeta laite joko toimivaksi tai vialliseksi. Mikäli viallisia lohkoja löytyy, niissä on todennäköisesti jokin tuotantovirhe kuten puuttuva komponentti, väärä komponentti tai huono juotos. Lohkoihin jaetun toiminnallisen testauksen lisäksi voidaan tehdä vastaavanlainen toiminnallinen testaus koko tuotteelle. Haluttaessa voidaan mitata myös yksittäisiä komponentteja, mutta se ei yksistään riitä todistamaan kaikkien osien ja liitosten yhteistoimintaa.

Espotelin toteuttamat testerit ovat pääsääntöisesti puoliautomaattisia off-line-testereitä. Operaattori asettaa testattavan tuotteen käsin testeriin, jonka jälkeen testaustapahtuma etenee automaattisesti. Testerit suorittaa lukuisia erillisiä mittauksia ja vertaa tuloksia testirajoihin. Lopuksi laite tallentaa tulokset tietokantaan ja ilmoittaa tulokset käyttäjälle. Käyttäjä irrottaa testattavan tuotteen käsin ja asettaa seuraavan tuotteen testeriin. Yhden tuotteen testaus asemointineen kestää tyypillisesti kymmenistä sekunneista minuutteihin. Testerillä voidaan testata joko yksittäisiä komponenttilevyjä tai kokonaisia koteloituja lopputuotteita. Tuotannon ollessa käynnissä testerillä kerättyä testidataa voidaan analysoida tilastollisin menetelmin ja sen perusteella voidaan kehittää tuotanto-, testaus- ja tuotesuunnitteluprosessien laatua.

Tuotekehityskäytössä testerillä pyritään automatisoimaan usein toistuvia testejä. Tuotekehityksen ja koko elinkaaren aikana tuotteesta saatetaan tehdä useita eri julkaisuja, jotka kaikki halutaan testata mahdollisimman kattavasti ennen niiden vapauttamista tuotantoon. Testeillä halutaan varmistaa, että uudet kyseiseen julkaisuun toteutetut ominaisuudet toimivat vaatimusten mukaisesti. Toisaalta halutaan varmistua myös siitä, että lisätty ominaisuus ei vaikuta aiemmin toteutettuihin toimintoihin. Tämä johtaa siihen, että aiemmin toteutettuja toimintoja joudutaan uudelleentestaamaan jokaisen julkaisun yhteydessä. Mikäli testit ovat aikaa vieviä ja niitä on paljon ne kannattaa automatisoida. Kerran suunniteltu ja toteutettu testitapaus voidaan suorittaa aina haluttaessa uudestaan ja yksittäisistä testeistä voidaan muodostaa testisekvenssejä, jotka ajetaan automaattisesti julkaisujen yhteydessä. Testitapauksia toteutetaan lisää sitä mukaa kun tuotteen ominaisuuksia lisätään. Tuotekehitystestauksen automatisointi helpottaa testauksen seurantaa ja parantaa tulosten jäljitettävyyttä.



## 2.3 Toiminnallisen testerin rakenne ja tuotealustat

Toiminnallinen testeri koostuu PC-tietokoneesta, mittalaitteista ja liittynästä testattavaan tuotteeseen. Tietokoneella ajettava ohjelmisto ohjaa testauksen kulkua, kontrolloi mittalaitteita, tarjoaa käyttöliittymän operaattorille sekä huolehtii testitulosten tallentamisesta. Tyypillisiä toiminnallisissa testereissä käytettäviä mittalaitteita ovat teholähteet, I/O-kortit, digitoijat ja väyläsovittimet. Mittalaitteita ohjataan esimerkiksi sarja-, USB-, PXI-, GPIB- tai LXI-väylien kautta. Fyysinen liityntä testattavaan tuotteeseen voidaan toteuttaa liittimillä, kaapeleilla tai testineuloilla suoraan piirilevyille. Fyysisen liittymän lisäksi testattavan tuotteen ja mittalaitteiden väliin tarvitaan usein signaalien sähköinen sovitin, joka Espotelin Procket-tuotealustassa toteutetaan aina piirikortille. Procket Flex-alustan tekninen toteutus on kuvattu tarkemmin Ossi Talvitien diplomityössä (Talvitie 2006).

Testerien toteutuksessa käytetään usein tuotealustoja projektien lähtökohtana. Tuotealustoja käyttämällä saavutetaan useita etuja, mm. nopea läpimenoaika, kustannustehokkuus, projektien parempi arvioitavuus ja riskienhallinta. Tuotealustat sopivat testerikehitykseen erityisesti, koska projekteissa painottuu tiukka aikataulu ja eri projekteissa toistuvat samat suunnittelutarpeet. Espotel on kehittänyt Procket-testerialustan, joka sisältää tällä hetkellä kolme erilaista päätason elektroniikka- ja mekaniikkaratkaisua, kaikille testausalustoille yhteisen ohjelmistokirjaston sekä Procket SPCTool -analysointiohjelmiston.

## 2.4 Asiakkaat

Testeriprojektien asiakkaina ovat useimmiten tuoteliiketoiminnassa mukana olevat yritykset, jotka omistavat omien tuotteidensa tuote- ja valmistusoikeudet. Nämä yritykset joko valmistavat tuotteensa itse tai ostavat valmistuksen alihankintana. Tuoteyritykset antavat testilaitteet alihankkijan käyttöön sopimuskauden ajaksi. Halutessaan tuoteoikeuksien ja testilaitteiden omistaja voi helposti vaihtaa toimittajaa ja siirtää testilaitteet toiselle tehtaalte. Testilaitteiden ylläpito on yleensä sopimusvalmistajan vastuulla sopimuskauden ajan. Sopimusvalmistaja tai tuoteyritys voi halutessaan myös ulkoistaa ylläpidon.

Toinen asiakasryhmä koostuu sopimusvalmistajista, jotka eivät omista valmistamiensa tuotteiden tuoteoikeuksia vaan tarjoavat oikeuksien haltijalle tuotteiden valmistusta alihankintana. Tuotantotestaus ja siinä tarvittavat laitteet luuluvat osana valmistuspalveluun. Sopimusvalmistaja voi tällöin toteuttaa testilaitteet itse tai hankkia ne kolmannelta osapuolelta. Tuotteiden tullessa yhä kompleksisimmiksi ja sopimusvalmistajien keskittyessä ydinosansaamiseen jälkimmäinen tapa on yleistymässä.

Kolmantena asiakkaana voidaan pitää Espotelin muita liiketoimintayksiköitä, jotka tarjoavat asiakkailleen ODM-palveluita. ODM-mallissa Espotel vastaa tuotekehityksen lisäksi myös tuotteen valmistuksesta ja tuotannon ylläpidosta. Mallissa merkittävä osa tuotekehityksen kustannuksista jyvitetään valmistetun tuotteen yksikköhintaan.

Neljäs asiakasryhmä ovat Espotelin tai asiakasyritysten omat tuotekehitysprojektit, joille testeri-yksikkö tarjoaa testauskonsultointia, tuotantotestauksen määrittelyä ja tuotekehitystestauksen automatisointia.

## 2.5 Projektit ja palvelut

Elektroniikkalaitteen tuotantotestauksen suunnittelu aloitetaan rinnakkain varsinaisen tuotesuunnittelun kanssa. Alkuvaiheessa keskitytään testausstrategian suunnitteluun ja tuotteen testattavuuden varmistamiseen. Määrittelyjen valmistuttua edetään toteutusvaiheeseen, jossa varsinaiset testilaitteet ja -ohjelmistot suunnitellaan ja toteutetaan. Suunnittelun valmistuttua laitteiden ja ohjelmistojen toiminta varmistetaan. Lopulta valmis järjestelmä toimitetaan tuotantoon ja suoritetaan käyttöönotto.

Tuotannossa testilaitteiden avulla seurataan koko tuotantoprosessin laatua. Testitulosten tilastollisella analysoinnilla voidaan varmistaa tuotantoprosessin kyvykkyys ja kustannustehokkuus. Muutoshallinnalla huolehditaan tuotantoaikaisten tuotemuutosten läpiviennistä ja niiden mahdollisista vaikutuksista testaukseen.

Suurin osa testerisuunnitteluyksikön töistä tehdään projektimuotoisena. Projektien laajuus ja sisältö vaihtelevat asiakas- ja tuotekohtaisesti yksittäisistä osaprojekteista ”avaimet käteen”-tyyppisiin kokonaistoimitusprojekteihin. Tyypillisiä (osa)projekteja ovat:

- testattavuuskatselmointi ja -suunnittelu (DfT)
- tuotantotestauksen määrittely
- tuotekehitystestauksen automatisointi
- testilaitteen suunnittelu ja valmistus, sisältäen
  - elektroniikkasuunnittelun
  - mekaniikkasuunnittelun
  - ohjelmistosuunnittelun
  - kokoonpanon
  - toiminnan verifiointin
- testilaitteen siirto tuotantoon ja käyttöönotto, tuotannon ylösajo (NPI)
- tuotantolaadun mittaus- ja kehitysprojektit

Projektitoiminnan ohella tuotannonseuranta ja -ylläpitotyötä tehdään jatkuvana prosessina vuosisopimus pohjaisesti.

## 2.6 Testausliiketoiminnan kehittymien

Tuotannon testilaitteita on kehitetty Espotelissa koko yrityksen olemassa olon ajan. Toiminta oli pitkään pienimuotoista työllistäen vain muutamia suunnittelijoita. Testereitä suunniteltiin asiakkaiden pyynnöstä muun suunnittelutoiminnan ohessa. Yrityksen koon kasvaessa, myös testilaitteprojektiön lukumäärä ja koot kasvoivat.

Vuonna 2004 yrityksessä toteutettiin mittava strategiaprojekti, jossa luotiin suuntaviivat yrityksen tulevalle kehitykselle ja kasvulle. Strategiaprojektin yhtenä tuloksena oli päätös panostaa omiin tuotealustoihin. Tuotantotestauksen ja siihen liittyvän liiketoiminnan kehittäminen voidaankin nähdä yrityksen strategiasuunnittelun ilmentymänä. Espotelin asiakaskunnassa havaittiin tarve laadukkaille tuotannon testilaitteille. Tarkemman analysoinnin tuloksena vuoden 2005 aikana käynnistettiin oman testerialustan kehitys.



Työ aloitettiin rekrytoimalla lisää osaajia testerikehitykseen. Toiminta jalostui pitkälti Espotelin perinteisen projektointiprosessin mukaisesti. Olivathan monet osatoiminnot, kuten ohjelmisto- ja elektroniikkasuunnittelu, samoja kuin tuotekehityksessäkin. Havaittiin, että yksittäiset menettelytavat ja käytännöt soveltuvat sellaisenaan myös testerien kehittämiseen. Toisaalta taas testerisuunnittelua varten tarvittiin joukko omia, aiemmin vähemmälle huomiolle jääneitä, menettelytapoja. Pian todettiinkin tarve testerisuunnitteluprosessin kehittämiselle, koska yrityksen olemassa oleva projektointiprosessi ei kattanut riittävästi testeriprojektien erityistarpeita.

Testeriliiketoiminnassa projektit ovat pääsääntöisesti toimitusprojekteja, joissa asiakkaalle toimitetaan konkreettisia laitteita. Suunnitteluliiketoiminnassa projektien lopputuloksena syntyy joukko dokumentteja, joiden pohjalta laitteita ohjelmistoinen voidaan valmistaa. Suunnitteluprojektien aikana valmistetaan usein prototyyppisiä ja esituotantosarjoja, mutta tuotteiden varsinainen valmistus tai toimitus ei yleensä sisälly tuotekehitysprojekteihin. Prosessiin tarvittiin siis täydennystä valmistuksen, alihankinnan, toimituksen ja käyttöönoton osalta.

Testeriprojekteissa ohjelmistosuunnittelun työkaluiksi valikoituivat National Instrumentsin LabVIEW ja TestStand. Nämä kehitystyökalut olivat olleet käytössä jo aiemminkin, mutta toiminnan laajentuessa ja kehittäjien määrään lisääntyessä havaittiin tarve ohjelmistokehityksen tarkemmalle hallinnalle. Työn tukemiseksi otettiin käyttöön versionhallinta sekä tehtiin LabVIEW- ja TestStand-ohjelmointiin soveltuva tyyliohjeistus. Ohjelmistoalusta alkoi muotoutua ja sen mukana dokumentoitiin yksittäiset ohjelmistokomponentit sekä koko kirjaston käyttö.

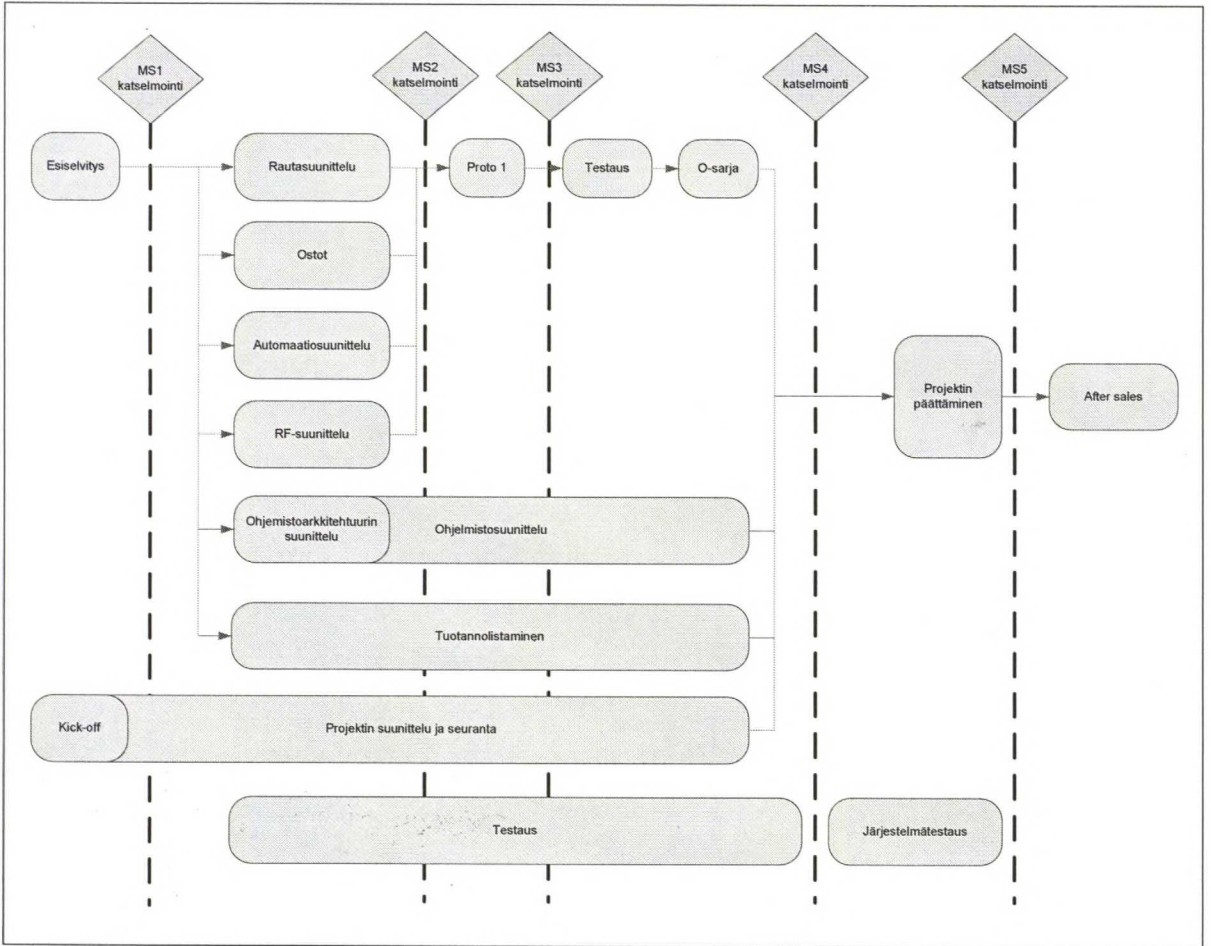
Erityinen tarve edellä mainituille ohjelmistokehityksen ohjeille ja dokumenteille sekä koko toiminnan prosessikuvaukselle syntyi kun uusia työntekijöitä perehdytettiin testilaitteiden suunnitteluun Espotelin valitsemalla tavalla. Procket-testerialusta ja ensimmäiset siihen perustuvat asiakassovellukset esiteltiin keväällä 2006. Tuolloin testerisuunnittelu työllisti noin 10 henkeä. Työntekijöiden määrä kasvoi edelleen vuoden loppua kohti ja testerisuunnittelu keskitettiin omaan liiketoimintayksikköön (BU4). Samaan aikaan testerisuunnittelun tueksi syntyneet ohjeet otettiin osaksi Espotelin toimintajärjestelmää ja testerisuunnitteluprosessi mallinnettiin.

## **2.7 Toimintajärjestelmä**

Espotelilla on koko yrityksen kattava ISO9001:2008-sertifioitu toimintajärjestelmä, joka määrittelee yrityksen pääprosessit sekä tukitoiminnot. Toimintajärjestelmän pääprosessit ovat: projektointi, testausjärjestelmän toimitus sekä resurssivuokraus. Kaikille liiketoimintayksiköille ja prosesseille yhteisiä tukitoimintoja ovat laatutoiminnot, markkinointi sekä hallinto (IT-, infra-, ja henkilöstöpalvelut). Kukin liiketoimintayksikkö vastaa oman alueensa prosessien kehittämisestä yhdessä laatuosaston kanssa. Laatuosasto vastaa toimintajärjestelmästä kokonaisuutena. Sen tehtävänä on huolehtia prosessien yhteensopivuudesta sekä varmistaa kommunikaatio eri toimintojen ja liiketoimintayksiköiden välillä.

(Espotel Quality System Manual, L01)





Kuva 3. Projektointiprosessi.

Prosessissa kullekin etapille on määritelty hyväksyntäkriteerit, jotka ovat osittain erilaiset tuotekehitys- ja testeriprojekteille. Prosessin eri vaiheisiin liittyy joukko ohjeita, suosituksia, tarkastuslistoja ja dokumenttipohjia. Testerisuunnitteluprosessin suorituskyvylle on määritelty mittarit, joita seurataan yksikön johtoryhmissä. Käytössä oleva mittaristo pyrkii tarkastelemaan prosessin kyvykkyyttä useista eri näkökulmista. Mittarit on lueteltu taulukossa 1 ja ne kuvattu tarkemmin Liitteessä A.

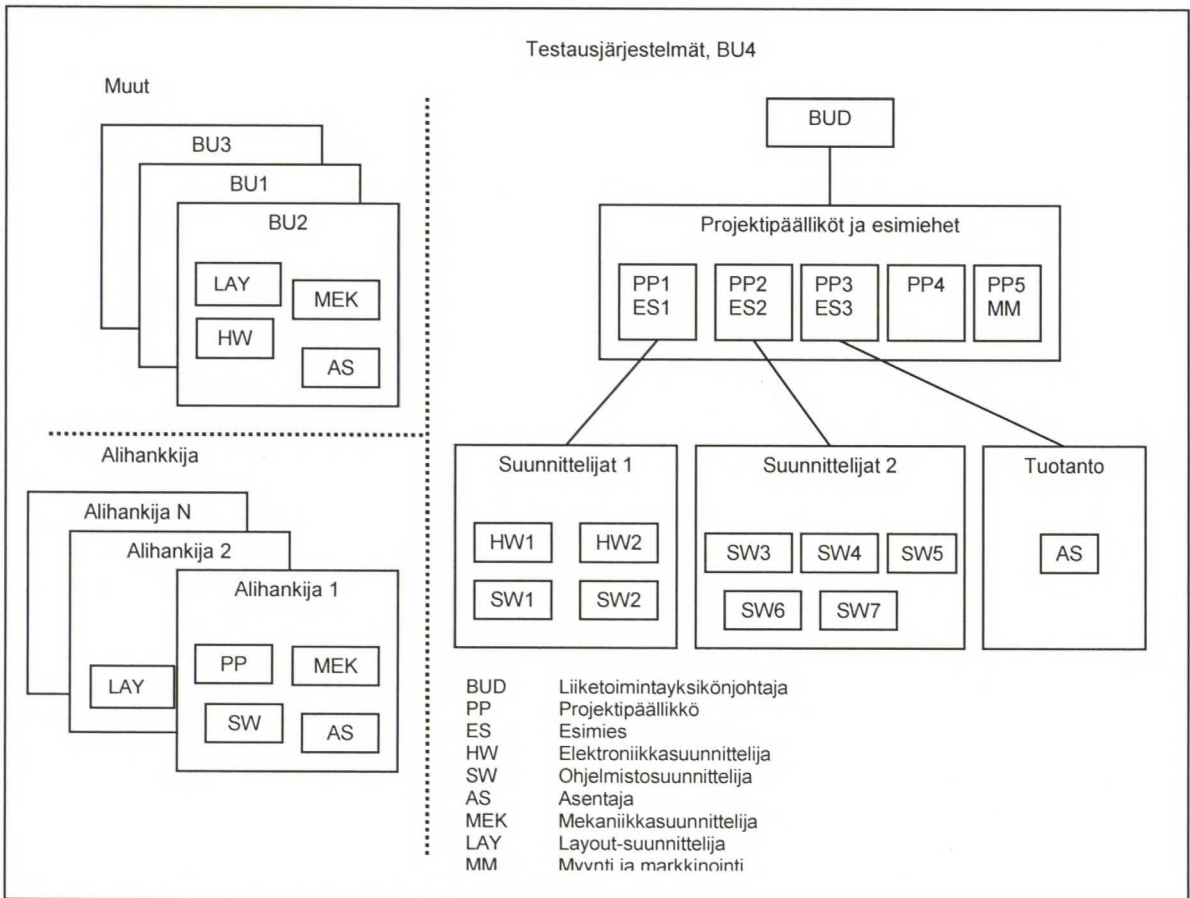
Taulukko 1. Testerisuunnitteluprosessin mittarit.

Näkökulma	Mittari	Tavoitearvo 2009
Laatu	Asiakkaan tuotantoprosessin kokonaisensisaanto heti tuotannon aloituksen jälkeen.	> 85 %
Toimitusvarmuus, Laatu	Testerin käyttöönottoaika tuotannossa	< 3 päivää
Asiakastyytyväisyys	Asiakasreklamaatioiden lukumäärä	< 3 kpl / vuosi
Henkilöstö	Henkilöstön vaihtuvuus	< 10 % / vuosi



## 2.9 Liiketoimintayksikön organisaatio

Testerisuunnittelussa on käytössä matriisiorganisaatio, joka voidaan luokitella vahvaksi matriisiksi (Arto, Martinsuo ja Kujala 2006). Liiketoimintayksikön organisaatiokaavio hallinnollisine suhteineen on esitetty kuvassa 4. Projektiryhmät muodostetaan tapauskohtaisesti valitsemalla kuhunkin projektiin sopivat henkilöt eri ryhmistä. Oman henkilöstön lisäksi osasto hyödyntää alihankkijoita ja Espotelin muiden liiketoimintayksiköiden suunnittelijaresursseja tarpeen mukaan.



Kuva 4. Testausjärjestelmät-osaston organisaatio.

## 2.10 Tarve prosessimallin kehittämiseksi

Tämän diplomityön tarkoituksena on kehittää Espotelin testerisuunnitteluprosessia. Tässä kappaleessa esitellään ja perustellaan kehitystyön tavoitteet. Työn aluksi kehittämistarpeita kerättiin haastatteleamalla liiketoimintayksikön johtoryhmää, projektipäälliköitä sekä Espotelin laatupäällikköä. Haastattelujen perusteella tärkeimmiksi kehityskohteiksi nousivat tehokkuuden parantaminen, prosessimallin käytettävyys, asiakastyytyväisyys sekä henkilöstötyytyväisyys. Kukin kehittämiskohde on esitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

### **2.10.1 Tehokkuuden parantaminen**

Lähtötilanteessa testeriprojektit ovat kalenteriajassa mitattuna pitkiä, tyypillisesti 6-12 kuukautta. Projektien työmäärät ovat kohtuullisen pieniä niiden kestoon verrattuna. Tehokkuutta ja samalla projektien kannattavuutta halutaan parantaa. Kehittäjillä on monta yhtäaikaista projektia hoidettavana, mutta kaikkiin ei ehditä keskittyä riittävästi. Työn jaksottaminen ja priorisointi eri projektien kesken koetaan hankalaksi. Projektipäälliköt ja liiketoimintayksikön johto kaipaa parempaa näkyvyyttä projektien etenemiseen. Erityisesti projektien loppuvaiheessa kun testerin eri osia integroidaan yhteen ja toimintaa kokeillaan, projektin valmiusasteen arvioiminen on haasteellista.

### **2.10.2 Prosessimallin käytettävyyden parantaminen**

Lähtötilanteessa testerisuunnittelu ja sulautettujen laitteiden tuotekehitys käyttävät yhteistä projektointiprosessia. Yhteisellä prosessilla on haettu tehokkuutta ja suoraviivaisuutta prosessin kehittämiseen ja ylläpitoon. Prosessin yksityiskohtien kuvauksissa on kuitenkin jouduttu eriyttämään eri projektityypit erilaisten piirteiden takia. Prosessimalli on alunperin kehitetty tuotekehityksen tarpeita ajatellen ja testerisuunnittelu on istutettu siihen jälkikäteen. Eri vaiheiden sisääntuloehdot ja etappivaatimukset eivät ole välttämättä sopivia testeriprojekteille ja toisaalta joitain testeriprojektien kannalta oleellisia asioita voi jäädä tarkistamatta.

Käytännön projektien ja prosessimallin välillä on ristiriitaa myös eri vaiheiden tuotosten osalta. Testeriprosessin eri vaiheiden sisääntulokriteerit ja tuotokset tulisikin määritellä nykyistä selkeämmin. Nykyinen malli on koettu myös liian raskaaksi käyttää testeriprojekteissa, jotka ovat usein työmäärältään pienempiä kuin tuotekehitysprojektit.

Hankkeissa, joissa Espotel kehittää itse tuotteen ja tarvittavat tuotantotesterit, prosessimallista perustetaan kaksi instanssia. Molemmat projektit (tuotekehitys ja testerikehitys) saavat omat etapit prosessimallin mukaisesti. Projektit linkittyvät toisiinsa tiettyjen yhteisten osien ja katselmointien kautta. Näitä ovat mm. DfT-suunnittelu ja tuotteen valmiusasteen eli kypsyystason määrittely ennen testerisuunnittelun aloittamista. Käytännössä testerisuunnitteluhanke etenee usein yhden etapin verran jäljessä varsinaista tuoteprojektia. Kokonaiskuvan muodostamista molemmista projekteista hankaloittaa yhteisten etappinimien käyttö, varsinkin kun eri projekteissa etappien vaatimukset poikkeavat toisistaan. Aina ei ole selvää mitä projektia käsitellään.

Prosessin suorituskyvyn selvittämiseksi ja kehittämiseksi sen toiminnan mittaaminen on tärkeää. Lähtötilanteessa käytössä olevat prosessimittarit eivät linkity selkeästi itse prosessiin vaan ne ovat irrallisia ja niiden käyttö on vähäistä. Eri näkökulmien huomioiminen prosessin mittaamisessa on koettu tärkeäksi, mutta mittareiden käytettävyys on huono. Alkuperäiset mittarit eivät huomioi suoraan taloudellista suorituskykyä eikä prosessin kehittymistä. Mittaristoa tulisi kehittää siten, että se huomioisi paremmin kaikki pitkän ja lyhyen tähtäimen vaatimukset prosessille. Lisäksi mittarit tulisi linkittää selkeämmin prosessiin.



### **2.10.3 Asiakastyytyväisyyden kehittäminen**

Kevään 2009 aikana tehtiin asiakastyytyväisyyskysely testeriasiakkaalle. Kyselyt lähetettiin päättäneiden projektien vastuuhenkilöille asiakasyrityksissä. Mikäli kohdeyrityksestä tunnistettiin useita vastuuhenkilöitä, lähetettiin samaa projektia koskeva kysely heille kaikille. Kysely toteutettiin www-pohjaisena ja siihen vastattiin anonyyminä. Kyselyn suomenkielinen versio on esitetty liitteessä B. Kysely koostui kolmestatoista monivalintakysymyksestä ja kahdesta avoimesta kysymyksestä.

Vastauksia saatiin kahdeksasta yrityksestä ja vastaajia oli yhteensä 24. Vastaukset käsittelivät noin kahtakymmentä erillistä projektia. Asiakastyytyväisyyskyselyn tulosten perusteella tärkeimmiksi kehityskohteiksi nousivat aikataulun ja kustannusarvion pitävyys. Henkilöstön vuorovaikutustaidot ja projektihenkilöstön palvelualltius todettiin kyselyn perusteella hyviksi.

### **2.10.4 Henkilöstötyytyväisyyden kehittäminen**

Keväällä 2009 tehtiin testerisuunnitteluosaston sisäinen projektityytyväisyyskysely. Kysely suoritettiin kaikille testeriprojekteissa toimiville Espotelin työntekijöille, kohteena oli yhteensä 20 henkilöä. Kysely tehtiin www-pohjaisena ja siihen vastattiin anonyyminä. Aluksi selvitettiin vastaajan rooli projektissa. Sen jälkeen vastattiin 14 monivalintakysymykseen, joissa käytettiin 4-portaista asteikkoa. Lisäksi valittavana oli vaihtoehto ”en osaa sanoa”. Kysymyksissä painopiste oli projektitoiminnan sujuvuudessa. Monivalintakysymysten jälkeen oli vielä kolme vapaamuotoista kysymystä. Ensimmäisessä kysyttiin mitkä asiat toimivat projekteissa hyvin ja toisessa kysyttiin mitkä asiat voisivat toimia paremmin. Kolmannessa kysymyksessä tiedusteltiin muuta vapaamuotoista palautetta. Kysely ja monivalintakysymysten vastaukset on esitetty liitteessä C.

Kyselyyn saatiin 11 vastausta. Kyselyn tulokset esiteltiin tiimipalaverissa ja esiin nousseista ongelmista keskusteltiin laajasti. Projektityytyväisyyskyselyn ja tiimipalaverin keskustelujen perusteella tärkeimmiksi kehityskohteiksi nousivat:

- koko projektiryhmän vaikutusmahdollisuuksien lisääminen projektin aikataulutuksessa ja suunnittelussa
- tehokkuuden lisääminen yhteistoiminnan kautta
- projektien parempi aikatauluttaminen
- muutoshallinnan kehittäminen projekteissa
- projektin tuotosten parempi laatu ja laadunvarmistaminen

Vähemmän tärkeinä, mutta silti kehittämisen arvoisina pidettiin seuraavia asioita:

- tiedonkulun parantaminen projektin sisällä ja projektien välillä
- vastuunjaon selkeyttäminen

Vaikka tiedonkulkua ja vastuunjaon selkeyttä kritisoitiin, toisaalta joissain vastauksissa ja käydyssä keskustelussa niiden mainittiin toimivan erityisen hyvin. Yksittäisten suunnittelijoiden ammattitaitoa ja osaamista kehuttiin hyviksi. Ammattitaitoa ja tuotteiden laadukkuutta pidettiin tärkeinä motivaatiotekijöinä.



## **2.11 Yhteenveto**

Tässä luvussa kuvattiin Espotelin testeriliiketoiminta ja testerisuunnitteluprosessi lähtötilanteessa. Testaussuunnitteluun keskittyvän liiketoimintayksikön tuotteet, asiakkaat, palvelut ja projektit esiteltiin. Toiminnan taustat ja kehittyminen nykyiseen muotoonsa käytiin läpi. Lähtötilanteessa voimassa oleva prosessimalli ja liiketoimintayksikön organisaatio esiteltiin. Luvun lopussa käsiteltiin haastatteluilla ja kyselyillä selvitettyjä testaussuunnitteluprosessin kehityskohteita. Selvityksen perusteella tärkeimmiksi kehityskohteiksi valittiin tehokkuuden parantaminen, prosessimallin käytettävyyden parantaminen, asiakastyytyväisyyden parantaminen ja henkilöstötyytyväisyyden parantaminen. Asiakas- ja henkilöstötyytyväisyyskyselyjen perusteella saatiin yksityiskohtaisempaa tietoa näiden alueiden ongelmakohdista.

### 3 Projektien tarkastelua

Tässä luvussa tarkastellaan testerisuunnitteluosastolla toteutettavien projektien ominaisuuksia ja pyritään selvittämään tarkemmin edellisessä luvussa käsiteltyjen ongelmakohtien juurisyyt. Aluksi tarkastellaan kaikkia käynnissä olevia projekteja, niiden jakautumista eri asiakkaille ja projektien kokonaismäärää. Projektit luokitellaan sisällön ja lopputuloksen mukaan ryhmiin. Luokittelun avulla pyritään tunnistamaan erilaiset projektityypit ja niiden suhteelliset osuudet. Jakauman perusteella voidaan priorisoida prosessin kehittämistarpeita tärkeimpien projektityyppien tukemiseksi. Kappaleessa 3.4 esitellään esimerkkiprojekti, sen tärkeimmät työtehtävät ja projektin kulku. Kappaleen lopuksi analysoidaan projektin onnistumista. Analyysin tarkoituksena on esitellä tyypillisen testeriprojektin kulku ja siinä esiintyvät haasteet. Yleisempää näkemystä testeriprojekteista haettiin järjestämällä testeriprojekteissa toimivien projektipäälliköiden kanssa tilaisuus, jossa tehtyjen projektianalyysointien tulokset ja yleiset havainnot kaikista projekteista esiteltiin. Esittelyn jälkeen käytiin yhteinen keskustelu, jossa tehtyjä havaintoja verrattiin projektipäälliköiden omiin kokemuksiin. Keskustelun avulla saatiin esiin joukko testeriprojekteille ominaisia piirteitä, jotka esitellään kappaleessa 3.5.

#### 3.1 Projektien lukumäärä ja asiakkaat

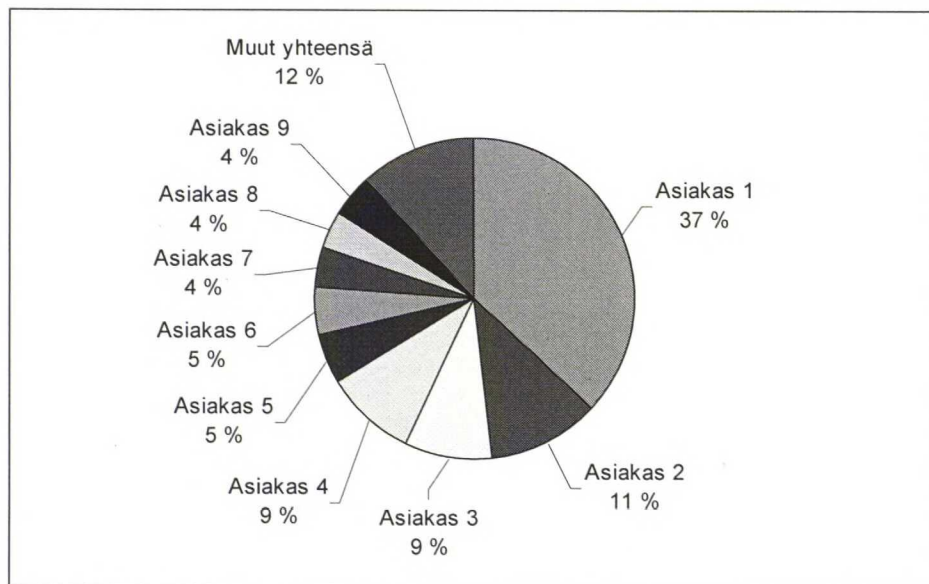
Projektityyppien analysoimiseksi tutkittiin toiminnanohjausjärjestelmään aikavälillä 1.1.2008 – 30.3.2009 (15 kk) perustettuja projekteja. Tutkimuksen tekohetkellä osastolla oli käynnissä 92 projektia. Näistä aktiivisia projekteja oli 80. Ei-aktiivisiksi luokiteltiin:

- perustetut mutta vielä käynnistämättömät projektit
- peruuntuneet tai toistaiseksi jäädytetyt projektit
- projektit, joille ei ole tehty töitä viimeisen kuuden kuukauden aikana
- apuprojektit, joita käytetään esim. laskutuksen hallintaan

Muut projektit tulkittiin aktiivisiksi. Tarkastelusta käy ilmi, että aktiivisten projektien lukumäärä on erittäin suuri suhteessa osaston kokoon, esimerkiksi jokaista projektipäällikköä kohden oli keskimäärin käynnissä 16 projektia. Määrä selittyy osin sillä, että samalle asiakkaalle voi olla työn alla testerikokonaisuus, joka on jaettu useammaksi projektiksi. Tekeillä saattaa olla testausjärjestelmä tuotteelle, joka koostuu vaikkapa viidestä eri piirikortista. Kukin piirikortti testataan erillisenä omalla testerillään. Näiden lisäksi testatuista piirikorteista ja mekaniikkaosista koottu lopputuote testataan vielä erikseen. Esimerkin kokonaisuus muodostuu siis kuudesta testeriprojektista. Vaikka kyse onkin samaan lopputuotteeseen liittyvistä testereistä, jako erillisiksi projekteiksi on perusteltua. Jokaisella testattavalla kortilla on yksilölliset testausvaatimukset, erillinen aikataulu ja oma suunnittelutiiminsä, ne voidaan suunnitella jopa eri yrityksissä. Eri piirikorttien ja lopputuotteen valmistus voivat tapahtua eri tehtailla. Jokaisen testerin kehitys tapahtuu luontevimmin omana projektinaan, jolla on oma aikataulu, sisältö ja budjetti.

Tarkastelujakson aikana projekteja tehtiin 17 asiakkaalle. Tarkastelussa ovat mukana myös omat tuotealustaprojektit, joissa Espotel itse on asiakkaana. Kuvassa 5 on esitetty projektien jakauma

asiakkaittain. Kuvassa on esitetty eriteltynä asiakkaat, joilla on käynnissä vähintään 3 projektia. Näitä asiakkaita oli tarkasteluvälillä 9. Asiakkaita, joille tehtiin 1-2 projektia oli 8, nämä on kuvassa ryhmitelty omaksi ryhmäkseen (muut yhteensä). Projektilukumäärän perusteella suurimmalla asiakkaalla oli tarkastelujaksolla käynnissä 30 aktiivista projektia, mikä vastaa 37 % kaikista projekteista.



Kuva 5. Projektien suhteelliset määrät asiakkaittain.

Vaikka eri asiakkailla on eri tyyppisillä tuotteilla on osin erilaiset testaustarpeet, kyetään testerit yleensä toteuttamaan joustavilla tuotealustoilla. Enemmän haasteita syntyy eri asiakkaiden erilaisista tuotekehitysprosesseista. Tuotekehitys- ja testeriprojekteilla on yhteisiä kiinnostuskohtia, jotka linkittävät projektit yhteen. Testeriprosessia ei voida rakentaa vain yhden tuotekehitysprosessin varaan, vaan sen tulee tukea mahdollisimman hyvin erilaisia tuotekehitysprosesseja. Koska kaikkia suunnitteluprosesseja ei voida tuntea etukäteen, testeriprosessin tulee adaptoitua. Espotelin omaa tuotekehitysprosessia voidaan pitää eräänlaisena referenssimallina, johon testeriprosessi voidaan linkittää. Yrityksen omien prosessien tulisi toimia erityisen kivuttomasti yhteen, jolloin yritys pystyy tarjoamaan tuote- ja testerikehityksen mahdollisimman kilpailukykyisenä kokonaispakettina.

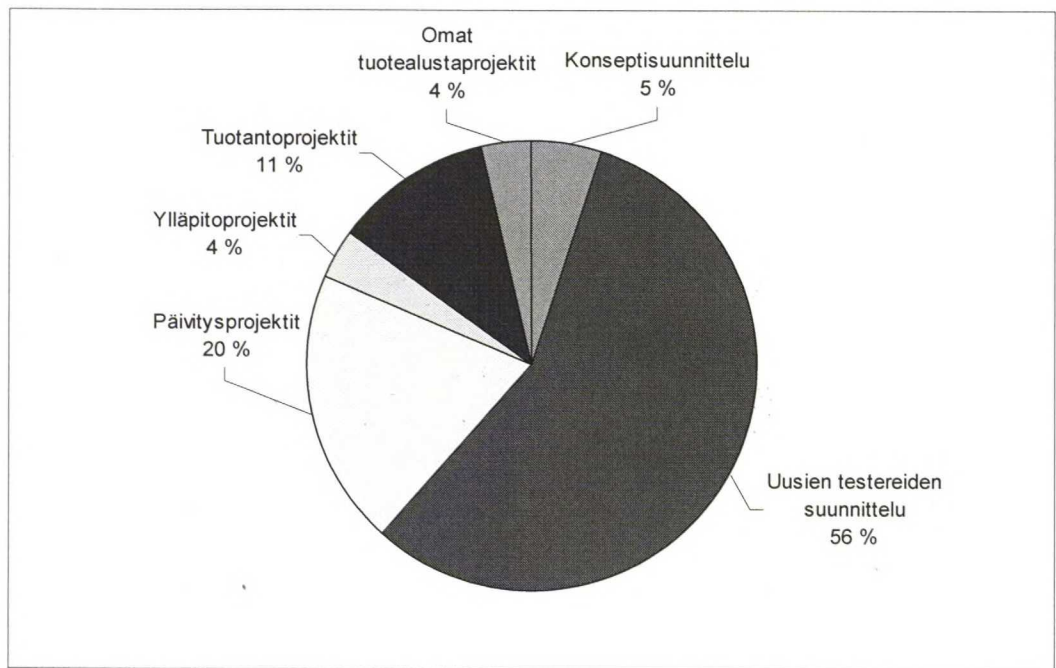
### 3.2 Projektien luokittelu lopputuloksen perusteella

Projekteja tutkittaessa kävi ilmi, että eri projektien päämäärät poikkeavat huomattavasti toisistaan. Erojen selvittämiseksi projektit päätettiin jakaa sisällön ja lopputuloksen mukaisesti luokkiin. Luokittelun perusteella voidaan pohtia, soveltuuko sama prosessimalli käytettäväksi kaikkiin projektityyppeihin. Lisäksi nähdään eri projektityyppien suhteelliset osuudet ja voidaan painottaa prosessikehitystä yleisimpiin projektityyppeihin. Tarkastelujakson projektit voidaan jakaa sisällön ja lopputuloksen perusteella taulukon 2 mukaisiin ryhmiin. Eri projektityyppien suhteelliset osuudet on esitetty kuvassa 6. Luokitteluperusteet on kuvattu kappaleessa 3.2.1.



Taulukko 2. Projektien luokittelu sisällön mukaan.

Projektityyppi	Lkm	Lkm-osuus
Konseptisuunnittelu	4	5 %
Uusien testereiden suunnittelu	45	56 %
Päivitysprojektit	16	20 %
Ylläpitoprojektit	3	4 %
Tuotantoprojektit	9	11 %
Omat tuotealustaprojektit	3	4 %
Yhteensä	80	100 %



Kuva 6. Projektien luokittelu sisällön mukaan.

### 3.2.1 Projektiluokat

Seuraavassa esitellään projektien ryhmittelyssä käytetyt projektiluokat.

#### Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelu pitää sisällään erilaiset määrittelyprojektit, joissa ei varsinaisesti vielä suunnitella uusia testereitä. Projekteissa ideoidaan kohteena olevan tuotteen testausta laajasti ja yhteistyössä tuotekehitysprojektin kanssa. Erilaisia testausapoja ja niiden kombinaatioita vertaillaan mm. testausajan ja testikattavuuden näkökulmasta. Yleensä testisekvenssi, yksittäiset testit ja jopa hyväksyntäraajat määritellään alustavasti. Konseptisuunnitteluprojektien lopputuloksesta on tyypillisesti määrittelydokumentti, testispesifikaatio tai muu vapaamuotoinen esitys testauksesta. Tärkeänä osana konseptisuunnitteluprojektia on usein myös vuoropuhelu varsinaisen tuotesuunnitteluprojektin kanssa. Tuotesuunnittelussa tehtävillä valinnoilla on oleellinen vaikutus tuotteen testattavuuteen, testausaikaan, testikattavuuteen ja testauksen kustannuksiin.

Testauksen ja valmistettavuuden huomioimisesta tuotesuunnittelussa käytetään englanninkielisiä termejä DfT, Design for Testing ja DfM, Design for Manufacturing. Konseptisuunnittelu- ja määrittelyprojekteja nimitetäänkin usein DfT-konsultoinniksi. Konseptisuunnitteluprojektit ovat työmäärältään melko pieniä (alle 120 tuntia) ja ne tehdään pääosin yhden kokeneen suunnittelijan ja/tai projektipäällikön voimin.

### **Uusien testereiden suunnittelu**

Uusien testereiden suunnittelu kattaa 56 % tarkastelujakson projekteista. Nämä projektit sisältävät yhden tai useampia suunnitteluvaiheita sekä testerin valmistuksen ja toimituksen asiakkaalle. Yleensä pyritään siihen, että suunnitteluprojektin lähtötietoina on vähintäänkin alustava testausmäärittely, joka voi olla joko asiakkaan tai erillisen konseptisuunnitteluprojektin tuottama. Määrittelyä täydennetään suunnitteluvaiheen aikana ja joissain tapauksissa määrittely on sisällytetty kokonaisuudessaan osaksi suunnitteluprojektia. Projektiin osallistuu projektipäällikön lisäksi yksi tai useampia mekaniikka-, elektroniikka-, layout- ja testaus suunnittelijoita. Valmistus- ja kokoonpanovaiheessa projektiin tulee mukaan tuotantoalihankkija sekä asentaja. Testerin ja dokumentaation laatutaso varmistetaan FAT-katselmoinnilla ennen toimitusta tuotantoon. Lopputuloksena on toimituskunnossa oleva tester (testiasema, testiadapteri, stand-alone -tester, tms.) dokumentteineen. Usein tuotantoon siirto ja käyttöönotto on sisällytetty suunnitteluprojektiin. Uusien testereiden suunnitteluprojektit ovat kestoltaan 3-12 kuukautta ja työmäärältään 250-1500 tuntia.

### **Päivitysprojektit**

Päivitysprojekteissa vanhaa, jo olemassa olevaa, testerä tai sen osaa päivitetään siten, että sillä voidaan testata uusia tuotteita. Päivitys voi koskea pelkkää ohjelmistoa, mekaniikkaa, elektroniikkaa tai kaikkia edellä mainittuja. Tyypillisiä päivitysprojekteja ovat tuotteen layout-muutoksista johtuvat testerin mekaniikan päivitykset tai tuotteen ohjelmistomuutoksista johtuvat testerin SW-rajapinnan muutokset. Tuotehallinnassa päätetään tapauskohtaisesti mitä muutoksia tuotteeseen tehdään ja punnitaan niiden mahdolliset vaikutukset tuotanto- ja testausprosesseihin. Joissain tapauksissa testeripäivitykset voidaan kokonaan välttää jäädyttämällä tuotteen kriittiset ominaisuudet, kuten testipisteet ja SW-rajapinnat revisioiden välillä. Toisaalta tuotemuutokset voidaan suunnitella siten, että ne tukevat mahdollisimman hyvin jo olemassa olevaa testaustapaa ja laitteistoa. Tällöin tuotteen uusien tai muuttuneiden ominaisuuksien testaus voidaan toteuttaa olemassa olevaan testeriin kustannustehokkaasti. Projektiin osallistuu projektipäällikön lisäksi yksi tai useampia suunnittelijoita sekä tarvittaessa tuotantoalihankkija ja asentaja.

Päivitysprojektin työvaiheet vastaavat uuden testerin suunnittelua sillä erolla, että päivitysprojekteissa voidaan hyödyntää olemassa olevaa testerä suunnittelun lähtökohtana. Mikäli elektroniikkaan tai varsinkin mekaniikkaan on tarpeen tehdä muutoksia, rakennetaan projektissa lähes aina uusi testeri yksilö vanhan laitteen pysyessä tuotannossa suunnittelun ajan. Päivitysprojektit sisältävät myös FAT-katselmoinnin. Tuotantoon siirto ja käyttöönotto sisältyvät usein projektiin.

Tässä luokittelussa päivitysprojekteilla tarkoitetaan projekteja, joissa tuotteen muutokset aiheuttavat merkittävää uudelleen suunnittelua testeriin ja joiden työmäärä on yli 40 tuntia.



Päivitysprojektien kesto vaihtelee muutamasta viikosta kolmeen-neljään kuukauteen ja niiden työmäärä on 40-400 tuntia. Tarkasteluhetkellä päivitysprojektien suhteellinen osuus oli suuri (20 %), koska parhaillaan oli käynnissä erään asiakkaan uuden tuotesukupolven siirto tuotantoon. Tässä tapauksessa uusi tuotesukupolvi perustuu pääosin vanhoihin tuotteisiin ja testeritkin toteutettiin edellisen sukupolven laitteita päivittämällä.

### **Ylläpitoprojektit**

Ylläpitoprojektien tarkoituksena on varmistaa testereiden toiminta tuotannossa ja tarvittaessa kehittää testereitä ja tuotantoprosessia. Ylläpitoprojektit voivat olla kertaluonteisia, jolloin projektin tavoitteena voi olla esim. testerin saannon parantaminen tai testirajojen tarkistus. Toisaalta ylläpito voi olla myös jatkuvaa, jolloin seurataan testauksen tunnuslukuja (FPY, Cpk, defect pareto, jne.) ja muita havaintoja säännöllisin väliajoin. Mikäli tunnuslukujen perusteella tai muutoin havaitaan ongelmia, juurisyyt selvitetään ja ongelmat korjataan. Oleellisena erona päivitys- ja ylläpitoprojektien välillä on se, että ylläpitoprojekteissa mitataan ja kehitetään tuotanto- tai testausprosessia. Ylläpitoa tehdään vuosisopimus pohjaisesti ja työmäärä vaihtelee kuukausitasolla muutamista tunneista kymmeniin tunteihin.

### **Tuotantoprojektit**

Tuotantoprojektit-kategoria pitää sisällään puhtaat tuotantoprojektit, joissa valmistetaan tai monistetaan jo aiemmin suunniteltu testerit. Näissä projekteissa ei tehdä varsinaista suunnittelua, vaikkakin jokaisesta testeristä tehdään yksilölliset dokumentit. Lähtötietoina on alkuperäinen suunnitteludokumentaatio, jonka perusteella uusi testeriyksilö ja sitä vastaava dokumentaatio. Tuotantoprojekti päättyy FAT-katselmointiin ja lopputuloksena on toimituskunnossa oleva testerit dokumentteineen. Mikäli kyseessä on aiemmin tuotetun testerin kopio, tuotantoon siirto sisältyy yleensä projektiin. Projektit sisältävät lähinnä projektin hallintaa ja asennustöitä, työmäärän ollessa tyypillisesti alle 150 tuntia.

### **Tuotealustaprojekti**

Tuotealustaprojekteissa tavoitteena on kehittää omia tuotealustoja siten, että ne tukevat mahdollisimman hyvin varsinaisia asiakasprojekteja. Tuotealustaprojekteissa asiakkaana on oma organisaatio. Alustojen kehitys voidaan nähdä jatkuvana prosessina, jossa eri asiakkaiden tarpeita keräämällä ja analysoimalla pyritään luomaan uusia tuotealustoja ja kehittämään olemassa olevia entistä kilpailukykyisimmiksi. Alustavaatimusten keräämiselle ja analysoinnille ei tällä hetkellä ole systemaattista menettelytapaa. Tuotealustahankkeista keskustellaan ja niiden käynnistämisestä päätetään liiketoimintayksikön johtoryhmässä, voidaankin puhua tuotealustasalkun hallinnasta. Kehityshankkeet toteutetaan projekteina, joille asetetaan projektiryhmä, aikataulu ja sisältötavoitteet. Projektien etenemistä seurataan liiketoimintayksikön johtoryhmässä.

## **3.2.2 Luokittelun hankaluus**

Projektien luokittelu sisällön mukaan on hankalaa, koska osa projekteista sisältää aineksia useammasta eri luokasta. Uusien testereiden suunnittelu ja päivitysprojektit saattavat puhtaan



suunnittelun ja valmistuksen lisäksi sisältää määrittely- ja käyttöönottotöitä. Toisaalta käynnissä on myös puhtaita määrittelyprojekteja, joiden lopputuloksena on pelkkä määrittelydokumentti. Monesti määrittelyt ovat puutteellisia suunnitteluvaiheen alkaessa ja niitä joudutaan tarkentamaan. Tarkasteluhetkellä käynnissä olevista 61 suunnittelu- ja päivitysprojektista yli puolet sisälsi myös määrittelyä. Projektien sisältäessä sekä määrittely että suunnittelutöitä, ne on luokiteltu koko projektin lopputuloksen mukaisesti luokkaan uusien testereiden suunnittelu.

### 3.3 Johtopäätökset luokittelusta

Ylläpito-, tuotanto- ja tuotealustaprojektit eroavat sisällöltään ja tavoitteiltaan merkittävästi muista luokittelussa käytetyistä projektityypeistä. Niitä on hankala istuttaa samaan prosessimalliin muiden projektityyppien kanssa. Ylläpitotyö ei ole luonteeltaan lainkaan projektityypistä ja se vaatii siten oman toimintamallin, jossa huolehditaan testitulosten tilastollisesta seurannasta, kehitetään tuotantoa ja reagoidaan nopeasti mahdollisiin ongelmiin. Tuotantoprojektit keskittyvät jo suunniteltujen testereiden monistamiseen, jolloin suunnittelua ei tarvita. Tuotealustakehitys taas vaatii tuekseen tuotteenhallintaa, jossa kerätään vaatimuksia, priorisoidaan niiden toteutus ja kehitetään alustaa. Tuotealustan tuotehallinnan tulee olla jatkuvaa, mutta tuotealustan kehitystyöt voidaan toteuttaa projekteina, joilla on tietty rajattu sisältö, budjetti ja aikataulu. Uutta tai jatkokehitettyä tuotealustaa voidaan pilotoida sopivassa testeriprojektissa. Yksittäisissä testeriprojekteissa syntyviä ominaisuuksia pyritään jalostamaan ja ottamaan ne osaksi tuotealustoja. Tämä vaatii alustan tuotehallinnan ja yksittäisten testeriprojektien välistä kommunikaatiota.

Luokittelun perusteella voidaan todeta, että ylläpito-, tuotanto- ja tuotealustaprojektit kattavat 19 % kaikista projekteista. Muista projektityypeistä poikkeavien tarpeidensa takia ne rajataan tässä diplomityössä tehtävän prosessikehityksen ulkopuolelle. Rajausta ei silti estä hyödyntämästä kehitettävän prosessin osia tai piirteitä myös näissä projekteissa mikäli se nähdään toimivaksi.

Asiakkaille tehtävät konseptisuunnittelu-, uusien testereiden suunnittelu- ja päivitysprojektit edustavat 81 % kaikista projekteista. Projektityypit ovat luonteeltaan yhteneviä ja niiden toteuttamiseen tarvitaan samantyyppistä prosessia. Luokittelu osin vääristää konseptisuunnittelun osuutta, koska osa uusien testereiden suunnitteluprojekteista sisältää myös konseptisuunnittelua. Uusien testereiden suunnittelu on silti suurin projektityyppi, jolloin sen kehittämiseen tulee panostaa erityisesti.

### 3.4 Esimerkkiprojekti

Tässä kappaleessa esitellään tyypillinen testeriprojekti ja kuvataan projektin kulku. Esimerkkiprojektina on Procket Compact –alustalle suunniteltu komponenttilevytesterit. Edellisessä kappaleessa tehdyn luokittelun mukaisesti esimerkiprojekti kuuluu ryhmään uusien testereiden suunnittelu. Projektiryhmän muodostivat elektroniikkasuunnittelija, layout-suunnittelija, mekaniikkasuunnittelija, asentaja, ohjelmistosuunnittelija ja projektipäällikkö. Projektin alkaessa testerisuunnittelun alkuperäinen prosessimalli oli käytössä. Aluksi projektipäällikkö tuotti projektisuunnitelman ja aikataulutti projektin. Suunnitelmat ja projektin reunaehdot käytiin läpi projektiryhmän kanssa aloituspalaverissa. Projektisuunnitelman mukainen sisältö oli:

- tuotantotestausmäärittelyn tarkennus
- testerin suunnittelu (elektroniikka, mekaniikka ja ohjelmisto)
- testerin kokoonpano
- toimitusdokumentaation laatiminen
- 50 kpl korttisarjan testaus ja testirajojen hienosäätö
- FAT-hyväksyntäkatselmointi
- toimitus tuotantoon
- 350 kpl korttisarjan testaus tuotannossa
- SAT-hyväksyntäkatselmointi

Suunnitelmasta havaitaan, että projekti sisälsi varsinaisen toteutuksen lisäksi määrittely- ja käyttöönottoitaita. Projektin alkuun lisättiin prosessikuvauksesta poiketen aloitusetappi MS0, jonka tarkoituksena oli varmistaa projektisuunnittelun valmius ennen aloitusta. Alkuperäisen aikataulun mukaisesti tuotantoon siirto tapahtuisi 13.6.2008, jonka jälkeen ajettaisiin 350 kpl koesarja ja aloitettaisiin tuotannon ylösajo. Projektin suunniteltu loppuhyväksyntä (MS5) oli aikataulutettu tuotannon ylösajon jälkeen 31.10.2008. Projektisuunnitelmassa ei oltu määritelty tarkemmin ylösajon aikana tehtäviä toimenpiteitä tai tehtäviä.

### 3.4.1 Esimerkkiprojektin kulku

Projektin alkuperäinen aikataulu ei toteutunut, vaan tuotantoon siirto tapahtui vasta helmikuussa 2009. Syynä viivästymiselle oli testattavan tuotteen suunnitteluvaiheen aikana tapahtuneet muutokset sekä sarjatuotannon aloittamisen viivästyminen. Testeriprojektin aikataulu sovitettiin tuoteprojektin aikatauluun ja tuotannon käynnistymiseen. Alkuperäinen kokonaistyömääräarvio ylittyi 96 prosentilla päättyen 1167 tuntiin. Työmäärän ylitys johtuu projektin aikana toteutuneista riskeistä sekä arviointivirheistä alkuperäistä työmääräarviota laadittaessa. Tärkeimmät projektin aikana toteutuneet riskit ja niiden vaikutukset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Esimerkkiprojektin toteutuneet riskit sekä niiden vaikutukset aikatauluun ja työmäärään.

Riski	Vaikutus testeriprojektin aikatauluun viikkoina	Vaikutus testeriprojektin työmäärään tunteina
UUT:n tekniset muutokset	4	160
UUT:n aikataulumuutokset	19	70
Projektin laajuus, lisätyöt	4	120
Suunnitteluvirheet, korjaukset	2	40
Muut, yksilöimättömät	3	183
Yhteensä	32	573

UUT:n teknisillä muutoksilla tarkoitetaan testattavan tuotteen ominaisuuksissa tai toiminnallisuudessa tapahtuvia muutoksia projektin aikana. Esimerkkiprojektissa suurimpia muutoksia olivat testattavan tuotteen ja testerin välisen ohjelmistorajapinnan täydennykset, sekä tuotteen layout-muutokset. Nämä ja muut muutokset aiheuttivat yhteensä 160 tuntia ylimääräistä työtä testeriprojektiin. Tuoteprojektin aikatauluviiveet heijastuvat suoraan testeriprojektin aikatauluun



ja osin työmäärään, koska mahdollisesti jo aloitetut työvaiheet joudutaan keskeyttämään ja aloittamaan myöhemmin uudestaan. Esimerkkiprojektissa suurin osa testeriprojektin aikataulun venymisestä johtui tuoteprojektin viivästymisestä.

Projektin laajuuden muutos ja siitä johtuvat lisätyöt voidaan tulkita riskiksi (Artto, Martinsuo ja Kujala 2006). Lisätöiden toteuttaminen vaatii alkuperäisen projektisuunnitelman täydentämistä muutoshallinnan keinoin. Esimerkkiprojektissa lisätöitä aiheutti mm. tuotteen radiokommunikoinnin testauksen lisääminen vaatimuksiin.

Testeriprojektin sisäisiä riskejä ovat mm. suunnitteluvirheet. Esimerkkiprojektissa mm. mekaniikka- ja elektroniikkasuunnittelussa tapahtui joukko virheitä, joista aiheutui ylimääristä viivettä ja työtä. Virheistä johtuvaa työmäärää on jälkikäteen hankala selvittää, koska osa suunnittelutyöstä on luonteeltaan iteratiivista. Tässä tarkastelussa virheellisiksi luokiteltiin ne osatuotokset, jotka eivät täyttäneet vaatimuksia mutta olivat siitä huolimatta edenneet projektin seuraavan osatehtävän lähtötiedoiksi.

Yhteensä taulukossa eritetyt riskit kattavat yli kaksi kolmasosaa työmääräylityksestä, loppuosa ylityksistä johtuu pienemmistä, tarkemmin yksilöimättömistä riskeistä ja puhtaista arviointivirheistä. Aikataulun ylityksestä yli puolet selittyy tuoteprojektin viiveillä.

### **3.4.2 Esimerkkiprojektin osatehtävät ja niiden työmäärät**

Esimerkkiprojektin toteutuneet työmäärät tehtävittäin on esitetty taulukossa 4. Eri tehtävien suhteelliset osuudet on esitetty kuvassa 7. DfT-osuudella tarkoitetaan testattavan tuotteen testattavuuskonsultointiin käytettyä aikaa. Määrittely puolestaan pitää sisällään tuotantotestispesifikaation laatimisen ja ylläpidon projektin aikana.

Suunnittelutyöt on jaettu neljään pääryhmään, jotka ovat mekaniikka-, elektroniikka-, layout- ja ohjelmistosuunnittelu. Suunnittelun lähtökohtana käytettiin Espotelin Procket Compact –tuotealustaa. Elektroniikkasuunnitteluvaiheessa suunniteltiin testerin mittalaitteiden kytkennät ja tarvittava sovituselektroniikka testattavan tuotteen liittämiseksi mittalaitteisiin. Sovituselektroniikkaa varten tehtiin piirilevy, joka suunniteltiin layout-vaiheessa.

Ohjelmistosuunnittelu pitää sisällään testisovelluksen laatimisen National Instrumentsin LabVIEW- ja TestStand-työkaluilla. Varsinaisen testijonon lisäksi toteutukseen kuuluivat käyttöliittymä ja raportointitoiminnot. Mekaniikkasuunnitteluvaiheen aikana suunniteltiin neulapeti, jolla liitetään testattavan tuotteen testipisteisiin. Suunnittelutehtävät sisältävät myös projektin dokumentointityöt ja toimitusdokumentaation laatimisen.

Osatehtävä hankinnat sisältää projektiin liittyvien materiaalien ja alihankinnan ostotyöt sekä logistiikan hallinnan. Kokoonpanotyö kattaa Espotelissa tehdyt testerin asennustyöt. Testerin valmistuttua aloitettiin ylösnosto- eli integrointivaihe, johon osallistuivat elektroniikka- ja ohjelmistosuunnittelija. Vaiheen aikana varmistetaan testattavan tuotteen toiminta testiympäristössä sekä testerin elektroniikan ja ohjelmiston toiminta. Integrointi vaatii tekijöiltä monialaosaamista sekä analyttisyyttä mahdollisten ongelmakohtien selvittelyssä. Tämän vaiheen aikana saatetaan myös hakea käytännön mittauksin täydennyksiä määrittelyvaiheessa avoimiksi

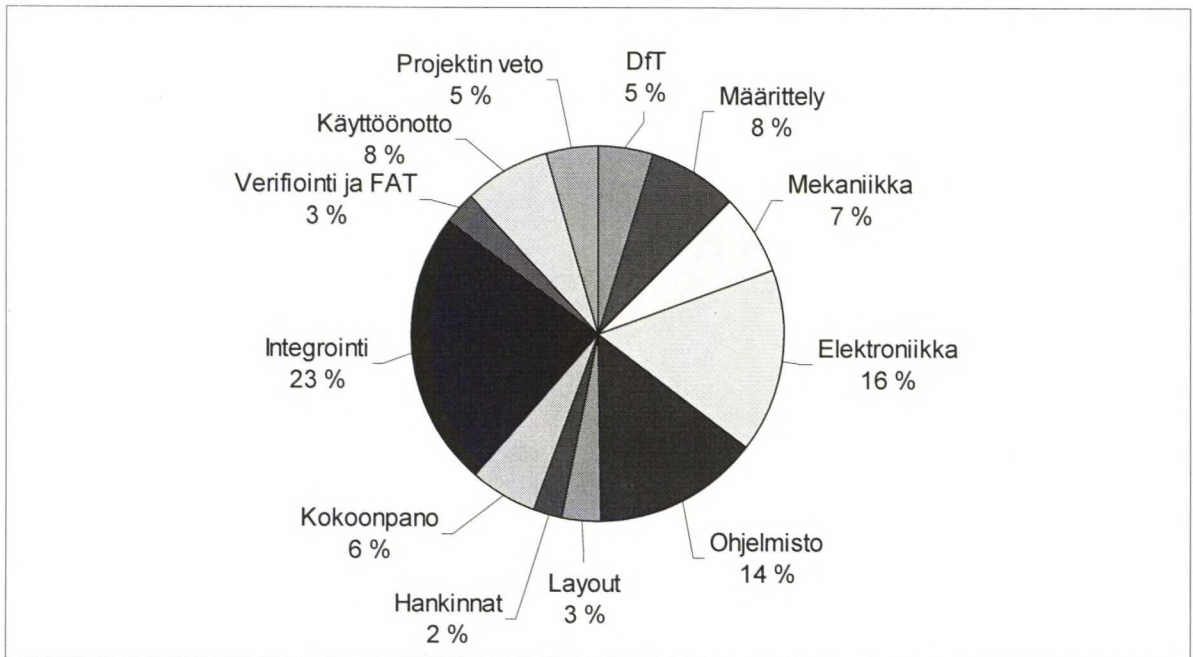


jätettyihin raja-arvoihin. Kun toiminnallisuus on kunnossa, työ jatkuu testerin luotettavuuden ja toistettavuuden tarkistamisella koesarjan avulla. Tässä projektissa verifiointiin käytettiin Gage R&R -menetelmää. Verifiointin lopuksi suoritettiin FAT-katselmointi, jonka jälkeen testeri oli valmis tuotantoon siirrettäväksi. Projektin ohjelmistosuunnittelija osallistui testerin käyttöönottoon tuotannossa. Käyttöönoton tarkoituksena on varmistaa testerin toimivuus tuotantoympäristössä ja kouluttaa laitteen tulevat operaattorit ja ylläpitäjät. Käyttöönotto päättyi SAT-katselmointiin, jossa testeri hyväksyttiin tuotantokäyttöön.

Projektin veto sisältää projektipäällikön projektin suunnitteluun ja hallintaan käyttämän ajan. Esimerkkiprojektissa projektin vedon osuus on vain 5 % kokonaistyömäärästä ja käytetyn tuntimäärän perusteella voidaan päätellä, että kaikki projektipäällikön käyttämät eivät ole kirjautuneet projektille. Raportoitu työmäärä ei riitä kattamaan edes projektin aikana järjestettyjä viikkopalavereita, joiden lisäksi projektipäällikön työtä on tarvittu projektin suunnitteluun, päivittäiseen johtamiseen ja asiakaskontakteihin. Voidaankin suurella varmuudella todeta, että kaikki projektipäällikön työt eivät ole kirjautuneet projektille.

Taulukko 4. Esimerkkiprojektin toteutuneet työmäärät tehtävittäin.

Tehtävä	Resurssi	Työmäärä [h]	Suhteellinen osuus
DfT	Elektroniikkasuunnittelija	55	5 %
Määrittely	Elektroniikkasuunnittelija	92	8 %
Mekaniikkasuunnittelu	Mekaniikkasuunnittelija	81	7 %
Elektroniikkasuunnittelu	Elektroniikkasuunnittelija	183	16 %
Ohjelmistosuunnittelu	Ohjelmistosuunnittelija	169	14 %
Layout-suunnittelu	Layout-suunnittelija	40	3 %
Hankinnat	Ostaja	28	2 %
Kokoonpano	Asentaja	68	6 %
Integrointi	Elektroniikkasuunnittelija, ohjelmistosuunnittelija	280	24 %
Verifiointi ja FAT	Useita	30	3 %
Käyttöönotto	Ohjelmistosuunnittelija	88	8 %
Projektin veto	Projektipäällikkö	53	5 %
<b>Yhteensä</b>		<b>1167</b>	<b>100 %</b>



Kuva 7. Tehtävien suhteelliset osuudet kokonaistyömäärästä esimerkkiprojektissa.

### 3.4.3 Huomioita esimerkkiprojektista

Tekniseltä toteutukseltaan esimerkkiprojekti onnistui erinomaisesti, testeri täytti sille asetetut vaatimukset. Verifiointi- ja FAT-vaiheessa havaittiin, että kaikkia toiminnallisuuksia ei oltu testattu lainkaan kehitysvaiheessa. Puutteiden löytyessä verifiointi jouduttiin keskeyttämään ja palaamaan suunnitteluvaiheeseen. Esimerkkiprojekti kuvastaa hyvin uudelle tuotteelle suunniteltavan testerin kehitystä. Työmäärät ja niiden jakaantuminen eri tehtävien kesken tukevat aiemmin muista projekteista tehtyjä jälkilaskelmia. Projekti etenee vesiputousmaisesti tehtävästä toiseen ja yksittäiset tehtävät ovat pääosin yhden henkilön suorittamia. Esimerkkiprojekti tukee jo aiemmin tehtyä havaintoa, että integrointivaihe on työmäärältään suunnilleen yhtä suuri kuin ohjelmisto- ja elektroniikkasuunnitteluvaiheet yhteensä. Yhdessä nämä kolme työvaihetta muodostavat noin puolet projektin kokonaistyömäärästä.

Käytössä ollutta prosessimallia ei noudatettu täysin projektin aikana. Projektin laajuuden muutoksista huolimatta projektisuunnitelmaa ja aikataulua ei päivitetty MS1-katselmoinnin jälkeen. Muita etappikatselmoitteja (MS2-MS5) ei järjestetty. Virallista prosessimallia ei siis noudatettu, monet etappien vaatimat asiat hoidettiin epävirallisemmin. Etappimallin käyttö koettiin projektissa ylimääräisenä kuormana eikä projektointiprosessin mukaiset käytännöt kaikilta osin soveltuneet sellaisinaan käytettäväksi testeriprojektissa. Etappeja käyttäen projektin aikataulun ja työmääräarvioiden venyminen olisi todennäköisesti havaittu aiemmin ja riskeihin olisi voitu varautua paremmin.

Projektin aikataulun venyminen johtui pääosin kolmesta syystä. Ensinnäkin suunnitteluvaihe aloitettiin keskeneräisillä määrittelyillä, joita tarkennettiin projektin edetessä. Suunnitteluvaihe olisi voitu aloittaa myöhemmin ja toteuttaa se tiiviimpänä. Toiseksi tuotteen ominaisuuksiin ja rakenteeseen tehtiin projektin aikana muutoksia, jotka aiheuttivat uudelleen suunnittelua



testeriprojektissa. Tätä uudelleensuunnittelua on uusien tuotteiden tapauksessa hankala kokonaan välttää, koska tuotekehitysprojektit etenevät iteratiivisesti. Silti tuotteen kypsyystasoa olisi voitu arvioida kriittisemmin ja jaksottaa testerin suunnittelua paremmin sen mukaan. Kolmanneksi tuotteen tuotannon aloitus siirtyi kaupallisista syistä noin puoli vuotta suunnittelusta. Tuotantoon siirron pitkittyminen näkyi projektissa integrointivaiheen venymisenä. Koska testeriiä ei ollut tarve tehdä täysin valmiiksi heti, projektiryhmän jäsenet keskittyivät muihin projekteihin. Projektin verifiointi ja FAT tehtiin vasta suvantovaiheen lopulla juuri ennen tuotantoon vientiä ja havaitut puutteet korjattiin vasta silloin. Aikataulun venyessä loppupäästä projektin tehokkuus tippui. Keskeneräinen projekti kuitenkin kuormittaa tekijöitä ja varsinaisia esteitä valmiiksi saattamiselle aiemmin ei ollut.

### **3.5 Testeriprojektien ominaispiirteitä**

Projektien tyypillisten ongelmakohtien ja kehityskohteiden tarkentamiseksi edellisessä kappaleessa tehdyt havainnot esiteltiin projektipäälliköille ja löydöksiä verrattiin projektipäälliköiden kokemuksiin omista projekteistaan. Yhteisen keskustelun perusteella löydettiin testerikehitykselle ja testeriprojekteille tyypillisiä piirteitä, jotka on esitelty seuraavissa kappaleissa. Ominaispiirteet yhdistävät testeriprojekteja keskenään ja toisaalta ne tuovat esiin myös eroja testeriprojektien ja tuotekehitysprojektien välillä.

#### **3.5.1 Tuotealustojen käyttö**

Tarkasteluhetkellä käynnissä olevista suunnitteluprojekteista 83 %:ssa hyödynnettiin Procket-alustan komponentteja. Alusta koostuu mekaniikasta, elektroniikasta ja ohjelmistosta. Alustaa käyttämällä projektien työmäärät kyetään arvioimaan tarkemmin ja projektin potentiaalisten riskien määrä pienenee. Riskit vähenevät koska, projekteissa hyödynnetään jo olemassa olevia valmiita komponentteja. Ne ovat riskittömämpiä kuin projektikohtaisesti suunniteltavat osat. Mitä enemmän valmisosia hyödynnetään, sitä pienemmät riskit projektiin liittyy ja sitä paremmin projektin aikataulu voidaan ennustaa. Tämä tietysti sillä edellytyksellä, että alustakomponentit ovat sopivia, eikä niiden sovittamiseksi tarvitse tehdä kohtuuttomasti ylimääräistä työtä. Alustakomponenttien käyttö helpottaa myös testereiden ylläpitoa ja mahdollisia miehistön vaihdoksia kesken projektin tai ylläpidon aikana. Kaikille tuttuun valmisosien käyttö on uusille projektihenkilöille helppoa.

Valmisosien käyttöä haluttaisiin entisestäänkin lisätä. Vaikka 83 % projekteista hyödyntääkin alustakomponentteja jossain muodossa, niin se ei vielä kerro siitä hyödyntävätkö kyseiset projektit kaikkia soveltuvia ja käytettävissä olevia osia. Projektipäälliköiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella ilmeni, että erityisesti ohjelmistokehityksessä valmisosien käyttöasteet projektien sisällä vaihtelivat suuresti. Valmisosien käytön lisäämiselle ja toisaalta niiden jatkokehitykselle on selvästi tarve.

#### **3.5.2 Riippuvuus tuotekehitysprojekteista**

Testeriprojektit ovat harvoin riippumattomia ympäristön muista projekteista. Usein tuotantotesterin kehitys on osa uuden tuotteen kehityshanketta tai tuotantoon siirtoa. Joissain tapauksissa testerihanke on tuotekehitysprojektin aliprojekti. Testeriprojektin aikataulu riippuu



merkittävästi tuotekehityshankkeen aikataulusta. Testerin suunnittelua ei voida aloittaa ennen kuin tuotekehitysprojekti on edennyt riittävän pitkälle ja tarvittavat lähtötiedot ovat saatavilla. Testeriprojektissa tarvittavia lähtötietoja ovat esimerkiksi testattavan tuotteen piirikaavio- ja layout-tiedostot, jotka syntyvät tuotteen elektroniikka- ja layout-suunnittelun valmistuttua. Testerin integrointivaihetta ei voida aloittaa, ennen kuin testattavan tuotteen prototyyppiä on saatavilla. Tuotesuunnittelussa tapahtuvat muutokset tai toteutuneet riskit vaikuttavat suoraan testeriprojektin aikatauluun. Tuotannon aloitus ja siten myös testerin siirto tuotantoon, voi venyä esimerkiksi sopimusvalmistajan valinnasta johtuen.

Tuoteprojektin aikataulun venyminen heijastuu testeriprojektiin aikataulun pitkittymisen ohella myös tehokkuuden heikkenemisenä. Tuoteprojektin pitkittyessä testeriprojektin suunnittelutiimi joutuu odottamaan tuotteen valmistumista, ennen kuin testerin saadaan viimeisteltyä. Joskus jo valmiiksi suunniteltuja osia testeristä joudutaan muuttamaan testattavan tuotteen muuttuessa. Odottelu ja epävarmuus tuoteprojektin aikataulusta sekä toteutettavien muutosten suuruudesta aiheuttavat tehottomuutta. Kommunikointi projektien välillä ja yhteinen projektisuunnittelu auttavat hallitsemaan näitä ongelmia.

Nopeat vasteajat ja muutoksiin reagoiminen ovat perusedellytyksiä testeriprojektien onnistumiselle. Testeriprojekteissa riippuvuus ulkoisista tekijöistä näkyy aikataulun pitkittymisenä ja odotteluna. Toisaalta kun lähtötiedot ovat kunnossa, tuote halutaan mahdollisimman nopeasti tuotantoon ja testerit pyritään saattamaan valmiiksi mahdollisimman nopeassa aikataulussa. Tietoisuus tulevaisuudessa odottavasta kiireestä kannustaa aloittamaan projektit puutteellisilla lähtötiedoilla. Tämä puolestaan johtaa turhaan odotteluun ja tehottomuuteen projekteissa. Puutteellisilla lähtötiedoilla aloittaminen ei välttämättä nopeuta projektia, vaan voi johtaa täysin turhan työn tekemiseen. Samalla puolitehoiset projektit syövät resursseja toisilta käynnissä olevilta projekteilta.

### **3.5.3 Projektien lukumäärä ja niiden kesto**

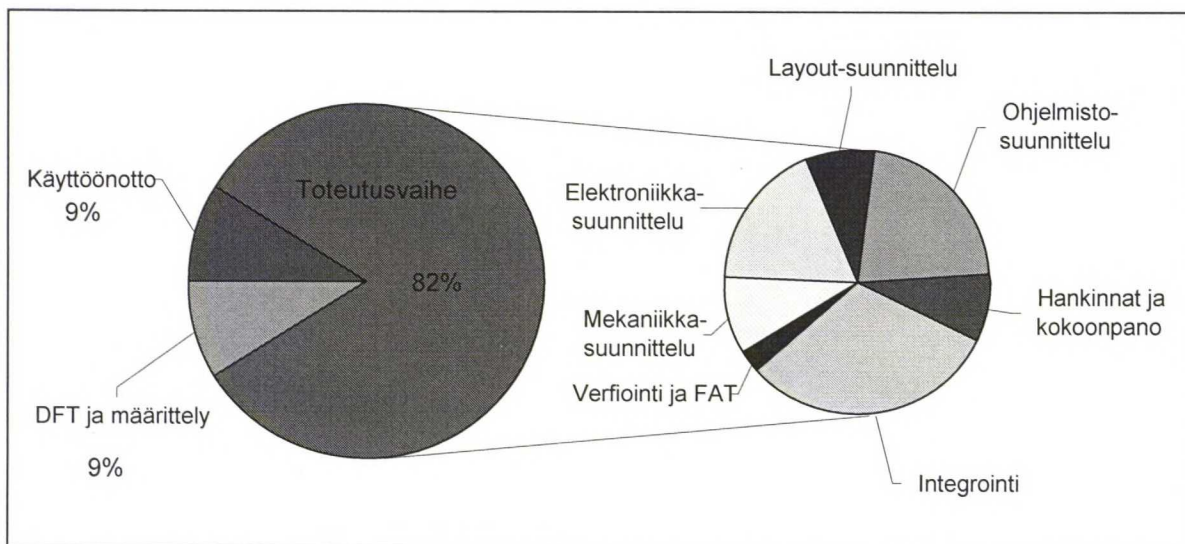
Tarkasteluhetkellä oli käynnissä 80 aktiivista projektia ja niissä työskenteli yhteensä 23 henkilöä. Luvuista voi helposti päätellä, että aktiivisia projekteja on liikaa henkilömäärään nähden. Käytännössä tämä tarkoittaa, että projekteja tehdään huonolla hyötysuhteella. Projektien kesto suhteessa työmäärään osoittaa myös, että tehokkuus on heikko. Projektien kestoaikaa tulisi lyhentää ja työn tekemistä projektien sisällä tulisi tiivistää. Näin samanaikaisesti käynnissä olevien projektien lukumäärä saataisiin pienemmäksi ja suunnittelijat voisivat suorittaa työnsä tehokkaammin.

Projektien ajankäytön arvioimiseksi tutkittiin vielä tarkemmin kymmenen eri asiakkaille tehtyä ja eri projektipäälliköiden vetämää projektia. Projektien eri vaiheiden ja osatehtävien suhteelliset osuudet työmäärästä ja kokonaiskestosta selvitettiin. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Projekti-päällikön työtä ei tässä tarkastella erillisenä tehtävänä, vaan se on jyvitetty eri osatehtäville niiden suhteellisten osuuksien mukaisesti.

Taulukko 5. Osatehtävien suhteelliset osuudet kokonaistyömäärästä (10 projektin keskiarvo).

Tehtävä	Osuus
DfT ja määrittely	9 %
Mekaniikkasuunnittelu	8 %
Elektroniikkasuunnittelu	15 %
Layout-suunnittelu	7 %
Ohjelmistosuunnittelu	18 %
Hankinnat ja kokoonpano	7 %
Integrointi	26 %
Verifiointi ja FAT	2 %
Käyttöönotto	9 %

Keskiarvojen perusteella havaitaan, että määrittely ja käyttöönotto edustavat kumpikin keskimäärin yhdeksää prosenttia kokonaistyömäärästä. Suunnittelu-, kokoonpano-, integrointi- ja verifiointitehtävät vastaavat yhteensä 82 % kokonaistyömäärästä. Tätä osuutta kutsutaan jatkossa *toteutusvaiheeksi*. Tilannetta on havainnollistettu kuvassa 8.



Kuva 8. Osatehtävien suhteelliset työmäärät.

Projektipäälliköiden kanssa käydyssä keskustelussa kävi ilmi, että toteutusvaihe on tehtävissä tiiviinä 6-8 viikon mittaisena ja suhteellisen riippumattomana projektina. Toisaalta todettiin, että määrittely- ja käyttöönottovaiheet ovat erityisen riippuvaisia ulkoisista tekijöistä, kuten kokonaisprojektin edistymisestä. Tarkastelluissa projekteissa DfT- ja määrittelyvaihe saattoi kestää jopa 12 kuukautta ja vastaavasti käyttöönotto odotteluineen jopa 6 kuukautta.

Tilanne voidaan tulkita 80/20-säännön mukaisesti (Anttonen 2003). Yhteensä määrittely- ja käyttöönotto muodostavat noin 20 % projektin kokonaistyömäärästä, mutta ne toisaalta ne vastaavat jopa 80 % projektin kokonaiskestosta. Toteutusvaiheen tehtävät sitovat paljon työtunteja (80 % kokonaistyömäärästä), mutta toisaalta työ on tehtävissä tiiviisti lyhyessä kalenteriajassa (20 % kokonaiskestosta).



### 3.6 Yhteenveto

Tässä luvussa tarkasteltiin aluksi testerosastolla tehtävien projektien lukumäärää ja niiden jakautumaa eri asiakkaiden kesken. Käynnissä olevien projektien lukumäärä on erittäin suuri yksikön henkilömäärään nähden. Asiakaskunta on laaja ja testerisuunnitteluprosessin tulisi tukea mahdollisimman hyvin eri asiakkaiden tarpeita ja mukautua erilaisiin tuotekehitysprosesseihin. Testerisuunnitteluprosessia ei voida rakentaa pelkästään Espotelin oman tuotekehitysprosessin varaan.

Luvun alussa projektit luokiteltiin sisällön ja lopputuloksen mukaisiin ryhmiin. Projektityypit eroavat toisistaan, eikä niitä kaikkia voida toteuttaa saman prosessimallin mukaisesti. Luokittelun perusteella osa projektityypeistä rajattiin tämän diplomityön ulkopuolelle. Kehityskohteiksi valittiin uusien testereiden suunnittelu sekä päivitys- ja konseptisuunnitteluprojektit, jotka edustavat yhteensä yli 80 % kaikista projekteista. Nämä projektityypit ovat samankaltaisia keskenään ja niitä varten voidaan suunnitella yhteinen prosessimalli.

Luvun toisessa osassa esiteltiin tyypillinen testeriprojekti. Projektin sisältö ja sen tärkeimmät vaiheet kuvattiin. Esimerkkiprojektin aikataulu ja työmäärä ylittivät alussa tehdyt arviot. Työmäärä- ja aikataululylysten syyt analysoitiin ja pohdittiin keinoja niiden välttämiseksi. Ylitykset johtuivat toteutusvaiheen aloittamisesta keskeneräisillä määrittelyillä, tuotemuutoksista projektin aikana sekä tuotannon aloituksen viivästymisestä. Projektianalyysin tuloksia verrattiin projektipäälliköiden kokemuksiin muista projekteista. Kokemuksia vertailemalla löydettiin joukko testeriprojekteille tyypillisiä piirteitä, joita ovat tuotealustojen käyttö, riippuvuus tuotekehitysprojekteista ja projektien pitkä kesto suhteessa työmäärään.



## 4 Prosessimallin valinta

Testerikehitys on toimialana niin kapea, että pelkästään sitä varten räätälöityjä prosessimalleja ei löydy. Sen sijaan tuotekehitykselle ja erityisesti ohjelmistotuotannolle on esitetty alan kirjallisuudessa kymmeniä erilaisia prosessimalleja. Tämän luvun tarkoituksena on tutkia kirjallisuudessa esitettyjen prosessimallien soveltuvuutta testerikehitykseen. Testeriprosessille voidaan edeltävien lukujen perusteella johtaa joukko vaatimuksia, joiden perusteella eri prosessimallien soveltuvuutta voidaan vertailla. Tämä luvun alussa esitetään testeriprosessille asetettavat vaatimukset. Seuraavaksi esitellään testerikehityksen kannalta kiinnostavimmat prosessimallit ja pohditaan niiden soveltuvuutta. Luvun lopussa esitetään yhteenveto eri mallien soveltuvuudesta testerikehitykseen.

### 4.1 Testeriprosessin vaatimukset

Uuden prosessimallin käyttöönotolla haetaan parannusta testeriprojektien tehokkuuteen, prosessin käytettävyyteen sekä asiakas- ja henkilöstötyytyväisyyteen. Prosessimallin tulisi vastata seuraaviin ongelmiin:

Tehokkuuden parantaminen

- tekemisen tiivistäminen
- valmisosien käytön lisääminen
- määrittelyjen puutteellisuus projektin alussa
- riskien hallinta

Asiakastyytyväisyys ja ennustettavuus

- aikataulun pitävyys ja ennustettavuus
- kustannusarvion pitävyys ja ennustettavuus
- muutosten hallinta

Henkilöstötyytyväisyys, prosessin käytettävyys ja näkyvyys

- tiimin osallistuminen projektin suunnitteluun
- näkyvyyden lisääminen projektin etenemiseen
- skaalautuvuus

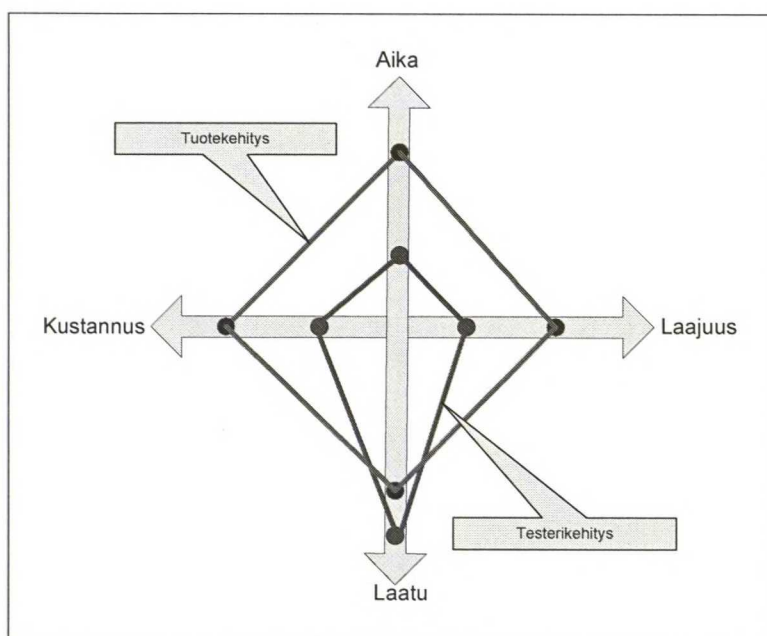
Yllä lueteltujen vaatimusten lisäksi uudelle prosessimallin tulee sopia Espotelin toimintajärjestelmään ja integroitua muihin yrityksessä käytettäviin toimintatapoihin. Prosessimallille voidaan esittää seuraavat yleiset vaatimukset:

- Prosessin tulee olla geneerinen, se ei saa olla sidottu tuotealustoihin tai tiettyyn tuotekehitysprosessiin.
- Testerisuunnitteluprosessin tulee olla yhteensopiva Espotelin tuotekehitysprosessin kanssa siten, että projektit voidaan kytkeä toisiinsa ja muodostaa kilpailukykyisiä kokonaisprojekteja.
- Prosessin tulee skaalautua eri asiakkaiden tuotekehitysprosesseihin.
- Prosessi on pystyttävä esittämään myös alihankkijoille.
- Prosessin suorituskyyvyn mittaamiseksi ja kehittämiseksi tulee kehittää mittaristo.

## 4.2 Prosessimallit

Testerien toteuttaminen on poikkitieteellistä tuotekehitystoimintaa, joka koostuu useista suunnittelun osa-alueista, valmistamisesta, integroinnista, testaamisesta, verifiointista ja käyttöönotosta. Koko projektin työmäärästä suuri osa on ohjelmistosuunnittelua ja ohjelmiston toimintaan liittyvää integrointia. Testeriprojekteja ei voida kuitenkaan tarkastella puhtaina ohjelmistoprojekteina, koska elektroniikka- ja mekaniikkasuunnittelu vaiheistuksineen aiheuttaa rajoitteita ohjelmiston toteutukselle. Ohjelmistokehitystä ei esimerkiksi voida täysipainoisesti aloittaa ennen kuin elektroniikkasuunnittelu on tehty.

Kehitettävä prosessimalli toimii viitekehystenä testeriprojekteille. Testeriprojekteilla on tietyt painotukset, jotka säilyvät projektista toiseen. Turner (2009) kuvaa projektien rajoitteita aika-kustannus-laatu -kolmiossa. Arto, Martinsuo ja Kujala (2006) esittävät vastaavasti projektin tavoitteet kolmiossa aika-laajuus-kustannus. Esitykset voidaan yhdistää nelikentäksi, jossa kaikki neljä tekijää (aika, kustannukset, laatu ja laajuus) ovat näkyvissä (Lindberg 2003). Kuvassa 9 on viitteellisesti vertailtu tester- ja tuotekehitysprojektien sijaintia tällaisessa nelikentässä.



Kuva 9. Tuotekehitys- ja testeriprojektien odotusarvojen vertailu.

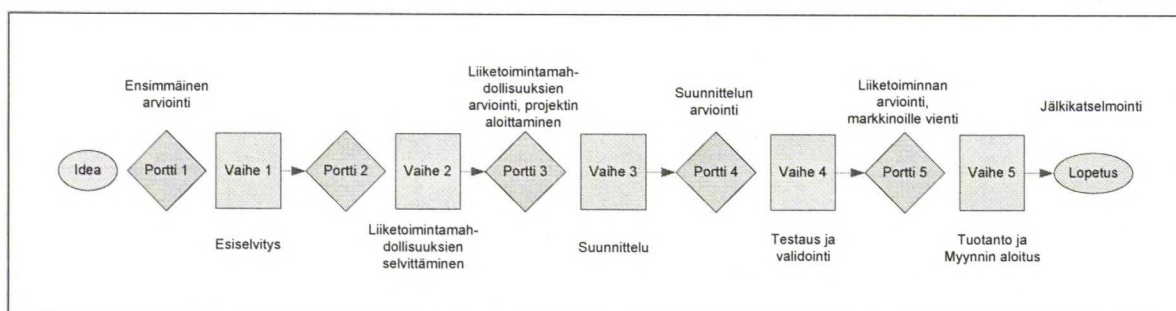
Tuotekehityshankkeissa eri akseleilla esitetty odotusarvot ovat paremmin tasapainossa kuin testerihankkeissa. Testeriprojekteilta odotetaan erittäin lyhyitä kestoja aikatauluodotukset ovat testerihankkeissa selvästi tiukemmat kuin tuotekehityksessä. Tuotteiden elinkaarten lyhentyessä paine läpimenoaikojen kasvaa tulevaisuudessa entisestään. Yksittäisten testeriprojektien laajuus on suhteellisen pieni koska, käytössä on paljon valmisosia ja yksittäiset projektit muistuttavat paljon toisiaan. Tuotekehitysprojektit ovat ainutkertaisempia ja niissä hyödynnetään vähemmän tuotealustoja. Testereille asetettu laatuodotus on korkea, lähtökohtaisesti tuotannon laadun varmistukseen käytettävien laitteiden tulee olla luotettavia ja laatutasoltaan parempia kuin testattavat tuotteet. Testerikustannusten odotusarvo on alhainen verrattuna tuotekehityshank-



keisiin. Odotusarvo ei täysin vastaa korkeita laatuodotuksia, vaikka laadusta, lyhyestä läpimenoajasta ja hyvästä ennustettavuudesta ollaankin valmiita maksamaan jonkin verran.

#### 4.2.1 Stage-Gate

Rober G. Cooper on kehittänyt Stage-Gate-mallin, joka kuvaa uuden tuotteen kehittämistä ideasta myyntiin asti (Cooper 1993). Malli tarjoaa geneerisen viitekehityksen tuotekehitystoiminnan johtamiselle. Stage-gate-mallissa tuotekehitys esitetään vaiheittain etenevänä prosessina, jossa eri vaiheiden välillä on päätöksentekoportit. Ennen kunkin vaiheen käynnistämistä arvioidaan edellisen vaiheen tulokset ja projektin eteneminen oikeaan suuntaan ulkoisiin vaatimuksiin verrattuna. Porteilla vahvistetaan tai estetään projektin eteneminen seuraavaan vaiheeseen. Stage-Gate-malli on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Stage-Gate-malli (Cooper 1993).

Cooperin malli kuvaa uuden tuotteen tuotekehitysprosessin ideointivaiheesta tuotantoon asti. Malli korostaa tiimityötä ja riskien hallintaa. Projektitiimeihin kootaan asiantuntijoita eri toiminoista, kuten tuotekehityksestä, tuotannosta sekä myynnistä ja markkinoinnista. Asiantuntijat työskentelevät rinnakkain eri vaiheissa. Projektitiimi tuottaa tarvittavat lähtötiedot päätöksentekoa varten kuhunkin porttiin. Porteissa projektin tilaa ja tuotoksia verrataan ennalta asetettuihin kriteereihin ja tehdään päätös projektin jatkamisesta seuraavaan vaiheeseen tai projektin keskeyttämisestä (Cooper 1993).

Cooperin mallia on hyödynnetty useissa eri aloilla toimivissa yrityksissä. Malli tarjoaa korkean tason yleiskuvan tuotekehitysprosessista. Käytännössä vaiheiden sisältö ja porttien kriteerit tulee sovittaa kohdeyrityksen tarpeiden mukaisesti. Cooperin mallissa esitetyt vaiheet ovat suuria kokonaisuuksia, niiden sisältö kaipaa yksityiskohtaisempaa määrittelyä ja räätälöintiä kehitettävien tuotteiden ja toimialan mukaisesti. Seuraavassa esitetyt ohjelmistokehityksen prosessimallit vastaavat lähinnä Stage-gate-mallin vaiheita 3 ja 4.

Stage-Gate-mallin kolmannen eli kehitysvaiheen suurimpina haasteina Cooper pitää määrittelyjen puutteellisuutta ja virheellisyyttä sekä projektin aikana tapahtuvia muutoksia. Ratkaisuksi määrittelyongelmiin Cooper esittää projektin tuotosten jatkuvaa esittelyä asiakkaalle ja muille projektin sidosryhmille, jolloin väärinymmärrykset ja tulkintavirheet havaitaan nopeasti. Cooperin mukaan paras keino välttyä projektin aikaisilta muutoksilta on toteuttaa projekti mahdollisimman nopeasti ja tiiviinä. Kirjassaan Cooper (1993) tarjoaa myös käytännön keinoja vaatimusten keräämiseen, välitulosten esittelyyn ja palautteen keräämiseen asiakkailta. Mallissa asiakkaat pyydetään tutustumaan kehitettävään tuotteeseen jo hyvin varhaisessa vaiheessa.



Asiakkaiden annetaan tutustua ja kokeilla tuotetta rauhassa. Reaktiot ja kommentit kirjataan ylös tarkasti tai ne voidaan jopa nauhoittaa. Asiakkaille esitetään tarkentavia kysymyksiä ja pyritään erityisesti selvittämään mitkä asiat miellyttävät ja mitkä eivät. Menettely toistetaan useasti projektin edetessä ja painotuksia voidaan säätää projektin kulloisenkin tilanteen mukaisesti. Lopulta toimintatapa muistuttaa läheisesti kappaleessa 4.2.6 esiteltävää prototyypimallia.

Vastaavasti Cooper esittää keinoja projektin läpimenoajan lyhentämiseksi. Tärkeimmät keinot ovat:

1. *Tehdään keralla oikein.* Laadun tuottamisen tulee olla sisäänrakennettuna kehitysprosessissa. Jälkikäteen tehtävät korjaukset ja samojen vaiheiden toistaminen alentavat tehokkuutta.
2. *Suunnitelmallisuus.* Projekti tulee suunnitella huolella ja sillä tulee selkeä päämäärä.
3. *Monipuoliset tiimit.* Vältetään eri toimintojen ja osaamisalueiden siiloutumista, yhteistyön ja ryhmässä tekemisen korostaminen
4. *Rinnakkain tekeminen.* Vältetään peräkkäistä tekemistä ja yksilösuorituksia, rinnakkaisuudella saadaan enemmän aikaisiksi aikayksikkö kohden.
5. *Priorisointi ja fokusointi.* Tehokkuus ja työn laatu kohenevat kun keskitytään pieneen määrään tehtäviä (tai projekteja) kerrallaan.

Määrittelyjen puutteellisuus ja projektin aikaiset muutokset havaittiin ongelmallisiksi myös tässä työssä tutkituissa testeriprojekteissa. Cooperin esittämät ajatukset ja käytännölliset ohjeet vaikuttavat sopivan myös testeriprojekteihin. Toteutusvaihetta voitaisiin tiivistää Cooperin esittämien keinoin ja projektin aikaansaannoksia voitaisiin esitellä asiakkaalle toteutusvaiheen aikana.

#### 4.2.2 Ohjelmistokehityksen prosessimallit

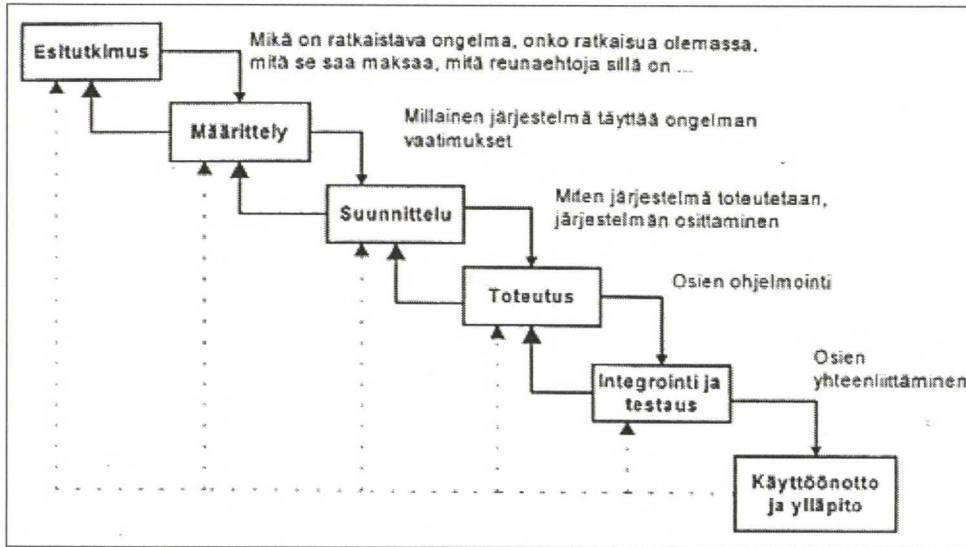
Ohjelmistokehityksen prosessimallit voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään; perinteisiin suunnitelmaohjautuviin ja uudempiin ketteriin malleihin. Suunnitelmaohjautuvissa malleissa ohjelmiston kehitys nähdään elinkaarena, joka alkaa määrittelystä ja päättyy ylläpitoon. Suunnitelmavetoisia malleja ovat mm. vesiputousmalli, prototyypimalli ja spiraalimalli.

Ketterissä ohjelmistokehitysmenetelmissä painotetaan tarkan dokumentaation ja etukäteissuunnitelmien sijaan ihmisten välistä kommunikaatiota, yhteisiä arvoja sekä nopeaa reagointia muuttuviin tarpeisiin. Seuraavissa kappaleissa esitellään testerisuunnittelun kannalta kiinnostavimmat prosessimallit.

#### 4.2.3 Vesiputousmalli

Vesiputousmalli on ensimmäinen ohjelmistokehitystä kuvaava malli ja se esitettiin ensimmäisen kerran jo 1970 (Royce 1987). Vesiputousmallissa projekti jaetaan erillisiin vaiheisiin, jotka suoritetaan peräkkäin ja kukin vaihe vain kerran. Jokainen vaihe sisältää laadunvarmistustoimenpiteitä, kuten tarkistuksia, katselmointoja ja testausta. Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan tuotosten virheettömyys ennen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen (Haikala ja Märijärvi 1998). Vesiputousmallin eräs versio on esitetty kuvassa 11.

Vesiputousmalli olettaa, että vaatimukset pysyvät muuttumattomina projektin alusta loppuun ja mallia onkin kritisoitu joustamattomuudesta. Siinä jokainen vaihe tulee suorittaa loppuun ennen siirtymistä seuraavaan. Käytännössä eri vaiheiden välillä kuitenkin tarvitaan kommunikaatiota ja iteraatioita. Monissa vesiputousmallin käytännön sovelluksissa onkin mahdollistettu myös paluusuunta vaiheiden välillä, kuten kuvassa 11 on esitetty. Toinen ongelma on, että vesiputousmallia käytettäessä projektin tuotokset voidaan esitellä sidosryhmille vasta sen lopussa (Sommerville 1995). Vesiputousmalli johdannaisineen sopii tilanteisiin, joissa tiedetään ennalta hyvin tarkasti toteutettavan lopputuotteen ominaisuudet (Kangas 2003).



Kuva 11. Vesiputousmalli (Haikala ja Märijärvi 1998).

Testerikehityksessä elektroniikan, layoutin ja mekaniikan suunnittelu noudattaa luonnostaan vesiputousmallia. Työvaiheet ovat luonnostaan peräkkäisiä eikä niitä periaatteessa voida tehdä rinnakkain. Nykyaikaiset suunnittelutyökalut mahdollistavat suunnittelutietojen joustavan siirron eri suunnitteluvaiheiden välillä, mikä nopeuttaa iteraatiokierrosten tekemistä ja muuttaa siten suunnittelua osin rinnakkaiseksi.

#### 4.2.4 Iteratiiviset prosessimallit

Vesiputousmallin heikkouksien paikkaamiseksi on kehitetty joukko iteratiivisia prosessimalleja, joissa ohjelmiston kehityksen elinkaari jaetaan osiin. Kehitystyö tehdään iteraatioissa, jotka ovat tavallaan pienen projektin, kunkin iteraatiokierroksen jälkeen iteraation tuloksia voidaan arvioida ja projektin suuntaa voidaan muuttaa tarpeiden mukaisesti. Iteraatioita käyttämällä saadaan nopeammin palautetta lopputuotteista ja projektin riskitaso pienenee.

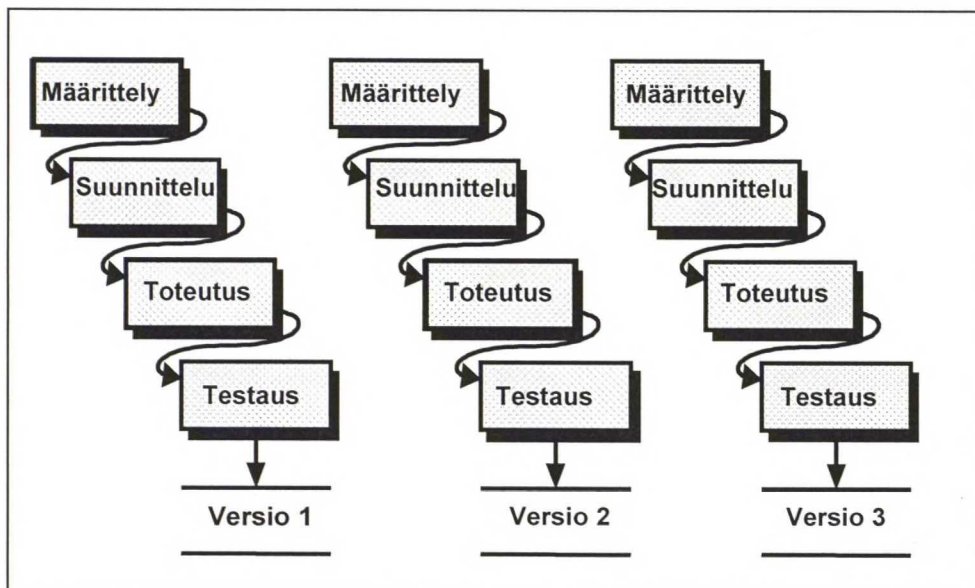
Eräs tunnettu iteratiivinen kehitysmalli on Rational Unified Process, RUP. RUP-mallissa ohjelmiston kehitys on jaettu neljään vaiheeseen: aloittaminen (inspection), tarkentuminen (elaboration), rakentaminen (construction) ja siirtyminen (transition). Kunkin vaihe koostuu useasta iteraatiosta. (Haikala ja Märijärvi 1998) Muita iteratiivisia malleja ovat mm. inkrementaalinen malli, prototyypimalli ja spiraalimalli, jotka on esitetty seuraavassa.



#### 4.2.5 Inkrementaalinen malli

Inkrementaalinen malli koostuu useista peräkkäisistä vesiputouksista (Kuva 12). Projektin aikana tuotteesta kehitetään useita eri versiota, jokainen kierros tuottaa lisää ominaisuuksia lopputuotteeseen. Ensimmäinen vesiputous tuottaa lopputuotteen ensimmäisen version, jota käytetään pohjana seuraavalle vaiheelle. Kukin seuraavista vaiheista tuottaa uusia ominaisuuksia suunnitelman mukaisesti, kunnes haluttu lopputulos on saavutettu. Vesiputousmalliin verrattuna inkrementaalisen mallin etuna on nopeampi palaute käyttäjiltä ja pienempi riskitaso.

Mallin heikkoutena voidaan pitää eri versioiden ylläpidosta kertyvää työtä ja mahdollisia versiopuun haarautumisia, mikäli eri kehitysversioihin joudutaan tekemään virhekorjauksia. Lisättyjen ominaisuuksien eristäminen jo toimivasta osuudesta voi olla myös haastavaa, mikä johtaa usein kaikkien ominaisuuksien uudelleentestaamiseen jokaisen version yhteydessä. Ongelmia voidaan välttää inkrementtien etukäteissuunnittelulla ja rajoittamalla julkaistavien versioiden määrää. Testauksen työmäärää voidaan vähentää käyttämällä testausautomaatiota. (Lindberg 2003; Haikala ja Märijärvi 1998)



Kuva 12. Inkrementaalinen malli (Haikala ja Märijärvi 1998).

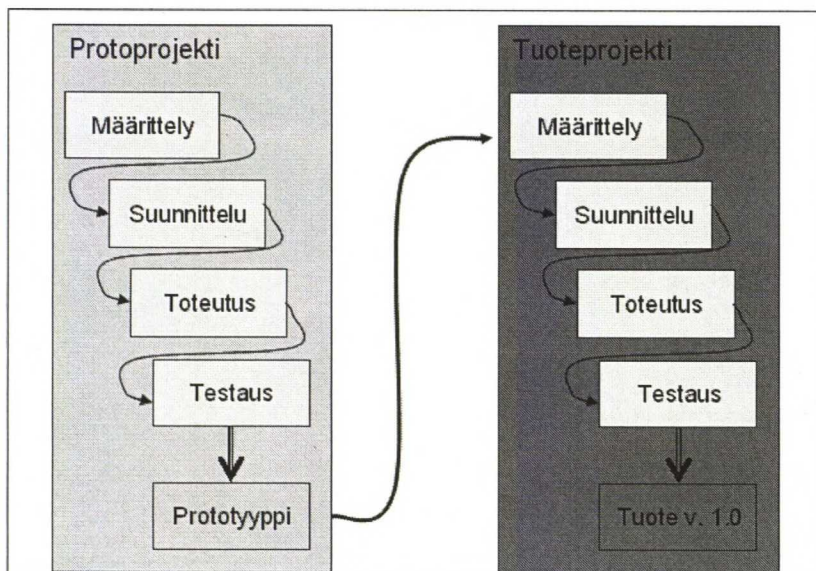
Testerikehityksessä ohjelmiston toteutus on melko helposti jaettavissa inkrementteiksi, koska suoritettava testijono koostuu joukosta yksittäisiä testejä. Nämä yksittäiset testit voidaan usein luokitella tärkeyden tai toteutuksen hankaluuden perusteella. Luokittelun perusteella eri testit voitaisiin jakaa inkrementteihin. Eri testerillä saattaa olla keskinäisiä riippuvuuksia, jotka asettavat vaatimuksia erityisesti ensimmäisen inkrementin sisällölle. Inkrementtien sisällön suunnittelu ja niiden lukumäärästä päättämien täytyykin tehdä aina projektikohtaisesti. Inkrementaalista kehitystapaa käyttäen voitaisiin lisätä näkyvyyttä testeriprojektien etenemiseen ja helpotettaisiin jäljellä olevan työmäärän arviointia sekä aikataulun suunnittelua.



#### 4.2.6 Prototyypimalli

Prototyypimallissa valittuja lopputuotteen piirteitä ja toiminnallisuuksia kokeillaan aluksi ominaisuuksiltaan rajoitetulla prototyypillä. Mallin ideana on kerätä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa palautetta käyttäjiltä. Prototyypimalli on esitetty kuvassa 13. Mallista on kaksi erilaista variaatiota. Prototyyppi voidaan jatkokehittää valmiiksi tuotteeksi tai prototyyppiä voidaan käyttää ainoastaan vaatimusten tarkentamiseen ja hylätä se tämän jälkeen. Ensimmäinen vaihtoehto on yleinen elektroniikan tuotekehityksessä ja jälkimmäinen soveltuu paremmin ohjelmistokehitykseen.

Mikäli prototyypistä jatkokehitetään lopullinen tuote, ongelmaksi saattaa muodostua nopeasti suunnitellun, huonon arkkitehtuurin siirtyminen protosta lopputuotteeseen. Prototyypimalli soveltuu epäselvien vaatimusten tarkentamiseen ja sitä käytetään erityisesti käyttöliittymäsuunnittelussa. (Lindberg 2003; Haikala ja Märijärvi 1998)



Kuva 13. Prototyypimalli (Haikala ja Märijärvi 1998).

Testerikehityksessä prototyypimallia voitaisiin hyödyntää parhaiten ohjelmiston toteutuksessa. Asiakkaalta tai loppukäyttäjiltä saatua palautetta voidaan kerätä ja analysoida jo toteutusvaiheen aikana. Esittelemällä asiakkaalle esimerkiksi käyttöliittymää ja testerin tuottamia raportteja mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, voitaisiin mahdolliset väärinymmärrykset korjata nopeasti. Samalla vältettäisiin korjausten kasaantuminen projektin loppuvaiheeseen.

#### 4.2.7 Spiraalimalli

Barry Boehmin vuonna 1988 esittämä spiraalimalli painottaa riskienhallintaa osana prosessia (Boehm 1988). Esimerkki spiraalimallista on esitetty kuvassa 14. Jokainen spiraalin kierros kuvaa yhtä projektin vaihetta. Sisimpänä on esiselvitysvaihe, josta edetään määrittelyvaiheen kautta suunnitteluun. Kierrokset jatkuvat kunnes tapauskohtaisesti määritellyn prosessin lopputulos on saavutettu. Mallissa ei ole kiinteitä vaiheita, vaan se voidaan sovittaa eri tarpeisiin vaiheiden sisältöä ja lukumäärää säätämällä.





## 4.2.8 Komponenttimalli

Komponenttimallissa ohjelmiston osana käytetään etukäteen suunniteltuja, toteutettuja ja testattuja ohjelmistokomponentteja. Valmiiden komponenttien käyttö nopeuttaa ja tehostaa ohjelmiston kehitystyötä. Komponenttien kehittäminen ja käyttäminen edellyttää systemaattista lähestymistapaa, komponentit ja niiden yhdistelmät tulee määritellä tarkasti. Komponenttimallin arkkitehtuuri kuvataan ohjelmistokomponenttimallissa (engl. Software Component Model), joka määrittelee mitä komponentit ovat, kuinka ne rakentuvat, kuinka niitä yhdistetään ja kuinka niitä kehitetään. Tunnettuja komponenttimalleja ja -alustoja ovat mm. Component Object Model (COM), COBRA Component Model (CCM) ja Enterprise JavaBeans (EJB). (Lau ja Wang 2007)

Komponentteja käyttämällä ohjelmistokehitys muuttuu integroinniksi, jossa valmisosia yhdistellään toisiinsa. Kehitysprosessina voidaan käyttää esimerkiksi spiraalimallia. Jokaisen iteraation tai spiraalin kierroksen alussa etsitään ehdokkaita uusiksi ohjelmistokomponenteiksi ja tunnistetaan ne kohteet, joissa voidaan käyttää valmiita, aiemmilla kierroksilla tuotettuja tai ulkoisista lähteistä haettuja komponentteja.

Testerikehityksessä käytettävä LabVIEW-ohjelmointiympäristö tukee .NET-, ActiveX-, COM- ja OLE-komponenttitekniikoita. Kehitysympäristön mukana toimitetaan runsaasti valmiskomponentteja, jotka ovat hyödynnettävissä omissa sovelluksissa. Valmisosien käytössä tulee kiinnittää huomiota versionhallintaan ja komponenttien yhteensopivuuteen kirjastopäivitysten yhteydessä. (Bitter, Mohiuddin ja Nawrocki 2007)

Kaupallisten valmisosien lisäksi testerikehityksessä käytetään Espotelin omaa Procket-ohjelmistokirjastoa, joka sisältää mm. mittalaiteajureita, prokollatoteutuksia sekä raportointi- ja käyttöliittymämoduuleita. Procket-kirjaston komponentit testataan ja verifioidaan ennen niiden julkaisua. Omien komponenttien kehitys ja versionhallinta on ohjeistettu. Projektipäälliköiltä saadun palautteen perusteella komponenttien käyttöä voitaisiin edelleen lisätä testerikehityksessä. Komponenttien hyödyntämiseen kaivattiin lisää systematiikkaa. Projekteissa tulisi tunnistaa paremmin valmisosien hyödyntämismahdollisuudet ja toisaalta tunnistaa projektin aikana syntyvistä toiminnoista ne, jotka voitaisiin jalostaa valmisosiksi toisia projekteja varten.

## 4.2.9 Aikarajoitettu malli

Aikarajoitettu malli (engl. time-boxing) on iteratiivinen ohjelmistokehitysmenetelmä, jossa kunkin iteraation päättymispäivä on määritelty tarkasti etukäteen. Päättymispäivää ei voida muuttaa iteraation aikana. Iteraatiot suunnitellaan siten, että niissä tehtävä työ ”mahtuu” ennalta määritellyn kiinteäpituaisen ajanjakson sisään. Jokaisen jakson sisällä työ voidaan osittaa vaikkapa vesiputousmallin mukaan. Jos käytettävissä on useita tiimejä, voidaan suorittaa useita iteraatioita rinnakkain. Kunkin kierroksen tarkoituksena on tuottaa seuraava julkaisu (engl. release) ohjelmistosta. Koska kehitysjakson pituus on asetettu kiinteäksi, täytyy jakson tuottamat ominaisuudet tai toiminnallisuus valita siten, että ne kyetään toteuttamaan jakson aikana. Kehitysjakson aikana kehitystiimi toteuttaa vain kyseisen jakson tehtäviä. (Jalote et al. 2003)

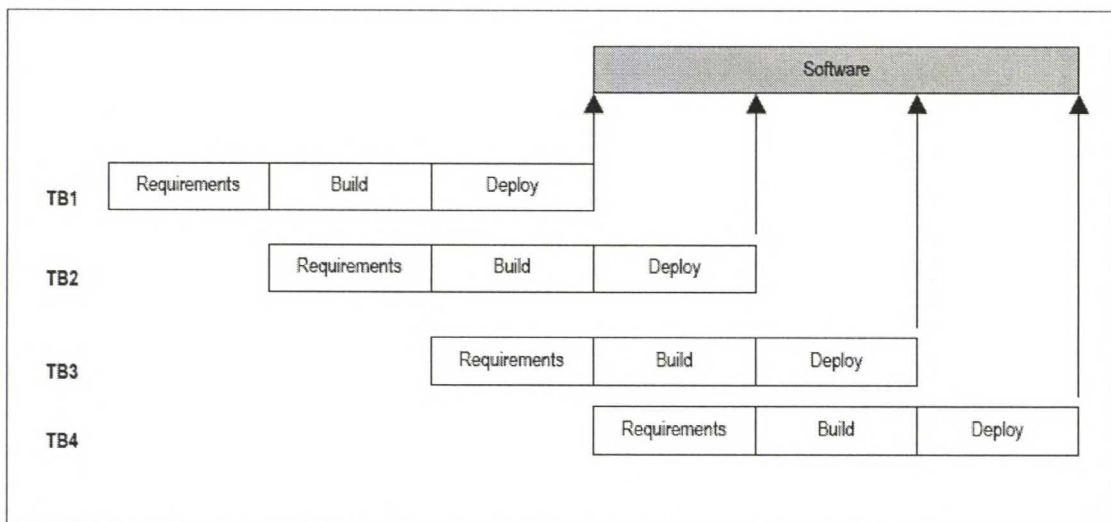
Aikarajoitettua mallia käytettäessä jakson pituus valitaan siten, että siihen sisällytettävien tehtävien työmäärät voidaan riittävällä tarkkuudella arvioida. Käytännön sovelluksissa jaksot



ovat olleet 1-6 viikon mittaisia. Eräissä aikarajoitetun mallin sovelluksissa käytetään aina kiinteän mittaista jaksoa koko projektin ajan (Jalote et al. 2003). Joissain sovelluksissa voidaan käyttää erilaisia jakson pituuksia riippuen projektin vaiheesta. Kummassakaan tapauksessa jakson pituutta ei voida muuttaa sen ollessa käynnissä. Mikäli jakson aikana huomataan, että kaikkia tavoitteita ei kyetä saavuttamaan, osa niistä jätetään toteuttamatta.

Jokaisen kehitysjakson lopuksi arvioidaan jakson aikana toteutetut ominaisuudet ja mahdolliset puutteet tai korjaukset sisällytetään tuleviin kehitysjaksoihin. Käynnissä olevien jaksojen sisältöä tai tavoitteita ei muuteta niiden ollessa käynnissä. Mikäli jaksolle suunnitellut tehtävät saadaan valmiiksi etuajassa, voidaan ylimääräinen aika käyttää tuleviin jaksoihin aikataulutettujen tehtävien suorittamiseen etukäteen. Myöhemmin nämä etukäteen tehdyt työt voidaan huomioida uusien jaksojen suunnittelussa.

Kuvassa 15 on esitetty aikarajoitettu projekti, jossa on neljä itsenäistä ja osin rinnakkaista iteraatiota. Kukin vakiokestoinen iteraatiokierros sisältää vaatimusten hallinnan, ohjelmiston kehityksen ja julkaisun. Rinnakkaisilla iteraatiolla on omat kehitystiimensä.



Kuva 15. Aikarajoitettu malli (Jalote et al. 2003).

Aikarajoitetun mallin tavoitteena on nopeuttaa ja tehostaa ohjelmistokehitysprosessia. Iteraatioiden kesto ja sisältö määritellään tarkasti etukäteen ja iteraatioiden aikana keskitytään toteuttamaan tiukasti vain siihen kuuluvat ominaisuudet. Tekijöille annetaan työrauha ja he voivat keskittyä vain määriteltuihin ominaisuuksiin. Kun jaksojen pituudet pidetään suhteellisen lyhyinä, projektia voidaan silti ohjata myös vaatimusten muuttuessa. Muuttuneet vaatimukset tai edellisten iteraatioiden tulokset voidaan huomioida tulevien kierrosten suunnittelussa. Testeri-kehityksessä aikarajoitettua mallia voitaisiin hyödyntää ohjelmiston välijulkaisujen tuottamisessa ja niiden ominaisuuksien priorisoinnissa.

#### 4.2.10 Ketterät prosessimallit

Ketterät menetelmät ovat syntyneet käytännön tarpeista, kun on pyritty vastaamaan ohjelmistoprojekteissa usein väijäämättä tapahtuviin tapahtuviin muutoksiin. Monien kehittäjien

mielestä perinteiset prosessimallit eivät huomioi riittävän hyvin projektin aikaisia muutoksia, mikä johtaa projektien epäonnistumiseen. Ketterillä menetelmillä haetaan joustavuutta ja adaptoituvuutta kiinteiden ja etukäteen lukittujen suunnitelmien sijaan. (Abrahamsson et al. 2002)

Toisaalta ketterä ohjelmistokehitys voidaan nähdä jatkumona perinteisille kehitysmalleille, koska ketterät mallit ovat pohjimmiltaan iteratiivisia ja inkrementaalisia. Ketterän kehityksen periaatteet on esitetty Agile Manifestissä (Beck et al. 2001). Julistus kuvaa ketterien menetelmien yhteisiä arvoja:

- Yksilöitä ja yhteistyötä arvostetaan enemmän kuin prosesseja ja työkaluja.
- Toimivaa ohjelmistoa arvostetaan enemmän kuin kattavaa dokumentaatiota.
- Yhteistyötä asiakkaan kanssa arvostetaan enemmän kuin yksityiskohtaisia sopimusneuvotteluja.
- Muutoskykyä arvostetaan enemmän kuin suunnitelman noudattamista.

Ketterien menetelmien ideologisena esi-isänä voidaan pitää lean manufacturing –ajattelua, joka kehittyi japanilaisissa teollisuusyrityksissä toisen maailmansodan jälkeen. Lean manufacturing ajatusmallin tunnetuin sovellus on Toyotan käyttämä Toyota Manufacturing System, TPS. (Lindberg 2003). Leanin kantavana ajatuksena on jätteen (engl. waste) vähentäminen. Jätteen käsite on laaja, sisältäen materiaalien lisäksi myös turhan työn sekä odottelun. Kaikki mikä ei tuota välitöntä lisäarvoa asiakkaalle tulkitaan jätteeksi. Ketteriin menetelmiin kuuluu suuri joukko erilaisia käytäntöjä, joita on vertailtu mm. lähteissä (Abrahamsson et al. 2002) ja (Kinnunen 2007). Esitettyjen vertailujen perusteella käytetyimpiä menetelmiä ovat Extreme Programming (XP), Crystal, Feature Driven Development (FDD) ja Scrum. Näistä Extreme Programming ja Scrum ovat testerikehityksen kannalta mielenkiintoisimpia ja ne esitellään seuraavissa kappaleissa.

#### **4.2.11 Extreme Programming, XP**

Kent Beckin vuonna 1999 esittelemää Extreme Programming (XP) -menetelmää pidetään yleisesti ketterien kehitysmallien lähtökohtana. Extreme Programming sisältää kuvan 16 mukaisen kuusiportaisen kehitysmallin. Ensimmäisessä eli tutkimusvaiheessa asiakkaan edustajat tuottavat tarinakortteja, joiden perusteella ominaisuudet toteutetaan. Samanaikaisesti kehittäjät tutustuvat projektissa käytettäviin työkaluihin ja tekniikoihin. Mahdollisia arkkitehtuurivaihtoehtoja vertaillaan protoilemalla.

Suunnitteluvaiheessa kunkin tarinakortin vaatima työmäärä arvioidaan ja tarinat priorisoidaan. Ensimmäisen version sisältö päätetään. Kolmas vaihe sisältää useita lyhyitä iteraatiokierroksia, ennen ensimmäistä julkaisua. Ensimmäisen iteraatiokierroksen aikana toteutetaan järjestelmän perusarkkitehtuuri. Aluksi valitaan toteutettavaksi sellaiset tarinakortit, jotka vaativat koko arkkitehtuurin olemassaoloa. Asiakas päättää seuraavien iteraatioiden sisällöstä valitsemalla niihin haluamansa tarinakortit toteutettaviksi. Viimeisen iteraation jälkeen tuote on valmis tuotantoon.

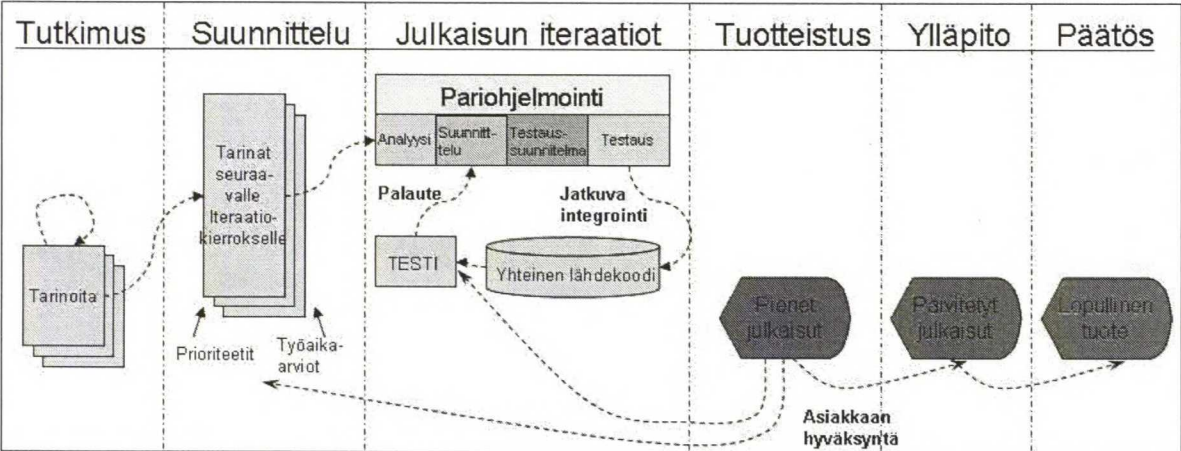
Vaikka iteraatiot sisältävätkin testauksen, tuotteistusvaiheessa tehdään vielä suorituskykyyn liittyviä testejä ennen lopullista julkaisua. Mikäli testien perusteella ilmenee muutostarpeita,



päätetään korjataanko ne nykyiseen julkaisuun vai ei. Tuleviin julkaisuihin siirrettävät korjaukset dokumentoidaan. Ensimmäisen asiakasjulkaisun jälkeen projekti siirtyy ylläpitovaiheeseen, jossa tuotannon ollessa käynnissä jatketaan samanaikaisesti uusien iteraatiokierrosten tekemistä.

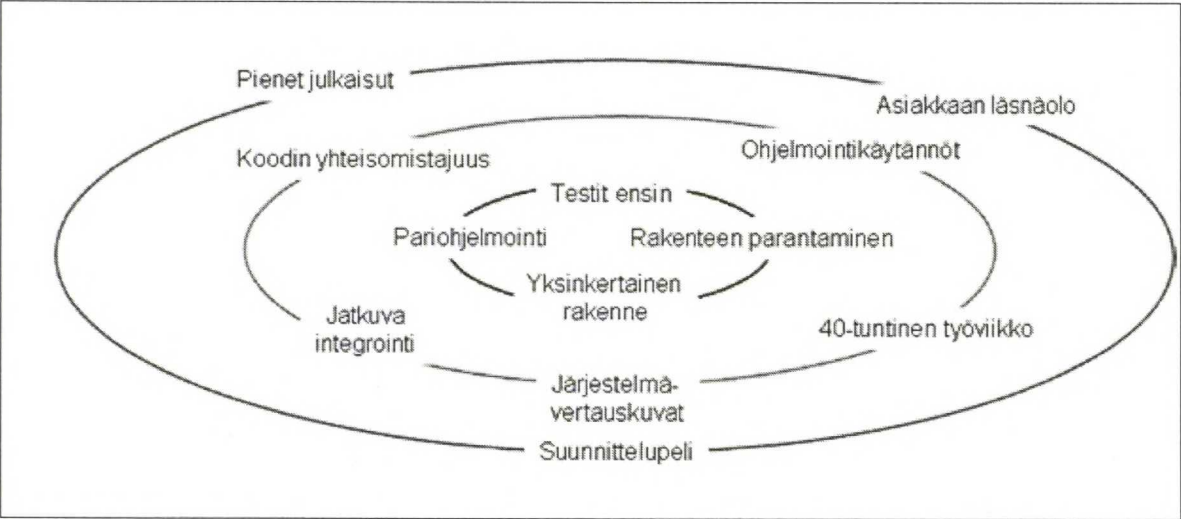
Päätösvaiheessa asiakkaalla ei enää ole uusia tarinoita toteutettaviksi. Asiakas on tyytyväinen järjestelmän toimintaan, suorituskykyyn ja luotettavuuteen eikä muutostarpeita ole. Päätösvaiheessa järjestelmä dokumentoidaan. Päätösvaiheeseen voidaan tulla myös, jos järjestelmä ei tyydytä asiakasta ja sen jatkokehittäminen todetaan liian kalliiksi.

(Abrahamsson et al. 2002)



Kuva 16. Extreme Programming (Huttunen 2007, muokattu lähteestä Abrahamsson et al. 2002).

XP-menetelmän perusarvoja ovat yksinkertaisuus, kommunikointi, palaute, kunnioitus ja rohkeus. Arvojen jalkauttamiseksi Extreme Programming sisältää 12 yleistä käytäntöä, jotka on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. 12 Extreme Programming –käytäntöä (Huttunen 2007).



Testeriprojekteissa ohjelmistoarkkitehtuuri on vakio (TestStand ja LabVIEW) ja suurin osa loppukäyttäjälle näkyvistä ominaisuuksista pohjautuu olemassa oleviin kirjastokomponentteihin (käyttöliittymä ja raportointi). Varsinainen Extreme Programming –prosessi ei vaikuta sopivalta testerikehitykseen, koska asiakasvaatimukset ja arkkitehtuuri ovat hyvin vakioituja. Tarinakortit eivät tunnu sopivilta testereiden tai yksittäisten testien määrittelyyn. Testeissä on suurimmaksi osaksi kyse kahden tai useamman laitteen välisestä kommunikaatiosta ja yhteistoiminnasta. Testeissä tarvitaan hyvin vähän vuorovaikutusta käyttäjän kanssa, joten tarinakorttien tuottamisesta ei saada lisäarvoa.

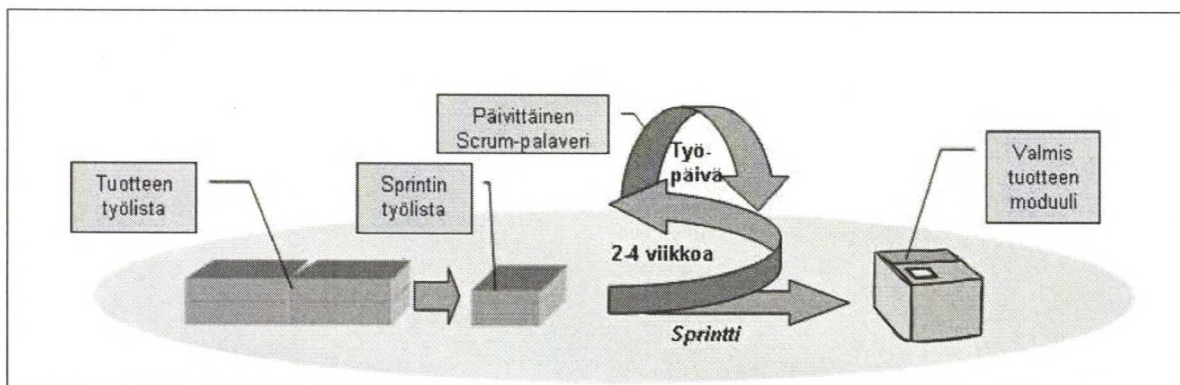
Vaikka Extreme Programming -prosessi ei suoraan sovellukaan testeriprojekteihin, osaa XP-käytännöistä voitaisiin silti hyödyntää testerikehityksessä. Näitä ovat:

- *40-tuntinen työviikko.* Projekti tulee suunnitella siten, ettei toistuvia ylitöitä tarvita.
- *Koodin yhteisomistajuuden* tarkoituksena on parantaa ohjelmiston laatua. Kuka tahansa voi korjata ja muuttaa ohjelmistoa.
- *Ohjelmointikäytännöt* tulee määritellä ja niitä tulee noudattaa. Edesauttaa koodin yhteisomistajuutta, vähentää virheitä ja tehostaa työtä.
- Suunnittelijat tulisi osallistuttaa nykyistä paremmin projektin suunnitteluun. *Suunnittelupeli* on eräs menetelmä aikataulun ja ominaisuuksien tasapainottamiseen.
- *Pariohjelmointia* voitaisiin soveltaa elektroniikka- ja ohjelmistosuunnittelijan tiiviimpänä yhteistyönä testien ohjelmointivaiheessa ja erityisesti testerin integrointivaiheessa.

#### 4.2.12 Scrum

Jeff Sutherland kehitti 1990-luvun alussa Scrum-menetelmän, jota Ken Schwaber ja Mike Beedle ovat kehittäneet myöhemmin. Scrumin avulla pyritään reagoimaan nopeasti toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin ja hallitsemaan niitä. Scrum-prosessimalli on esitetty kuvassa 18. Scrum-projekteissa on kolme eri roolia: tuotteen omistaja (asiakas), scrum-mestari ja kehitystiimi. Tuotteen omistaja on henkilö, joka viime kädessä vastaa tuotteen ominaisuuksista. Scrum-mestarin tehtävänä on ohjata Scrum-prosessia ja huolehtia siitä, että kehitystiimi voi tehdä työtään rauhassa. Iteraatioiden aikana tiimin jäsenet voivat itse vapaasti organisoida ja suunnitella työnsä halutun lopputuloksen saavuttamiseksi, tiimin sisällä ei ole kiinteitä rooleja.

Scrumin iteraatioita kutsutaan pyrähdyksiksi (engl. sprint) ja niiden suunnittelussa käytetään aikarajoitettua mallia, jolla iteraation pituus vakioidaan. Iteraation sisältöä tai kestoja ei voida muuttaa sen ollessa käynnissä. Tuotteen työlistaan (engl. product backlog) on kerätty kaikki halutun lopputuotteen saavuttamiseksi tarvittavat työt. Pyrähdyksen alussa pidetään suunnittelupalaveri, jossa tuotteen omistaja määrittelee tärkeysjärjestyksen työlistan tölle. Tämän jälkeen suunnittelutiimi poimii työlistalta tulevan pyrähdyksen aikana toteutettavissa olevat työt pyrähdyksen työlistalle. (Schwaber ja Beedle 2002; Poimala, Heikniemi ja Blåfield 2009)



Kuva 18. Scrum-menetelmä (Huttunen 2007, muokattu lähteestä Mountain Goat Software 2005).

Pyrähdysten aikana suunnittelutiimi pitää päivittäin 15 minuuttia kestäviä palavereja, joissa jokainen tiiminjäsen vastaa seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä olet tehnyt viime palaverin jälkeen?
- Mitä esteitä sinulla on työsi edistämiseksi?
- Mitä töitä aiot tehdä sprintin työlistalta ennen seuraavaa palaveria?

Scrum-mestari johtaa päivittäisiä palavereita. Päivittäisten palavereiden ideana on tunnistaa mahdolliset ongelmat mahdollisimman pian, niissä jaetaan tietoa tiimin jäsenten kesken ja auttavat itseorganisoituvaa tiimiä toimimaan yhteisen päämäärän saavuttamiseksi. Pyrähdysten lopussa tiimi esittelee saavutetut tulokset asiakkaalle pyrähdysten loppupalaverissa (engl. sprint review meeting). Loppupalaverin jälkeen kierros alkaa uudelleen ja seuraava pyrähdys suunnitellaan. Tuotteen työlistaa ja sen prioriteetteja voidaan nyt muokata vapaasti. Tiimi arvioi, mitkä ominaisuudet se pystyy sisällyttämään seuraavaan pyrähdykseen ja näin syntyy pyrähdysten työlista. (Poimala, Heikniemi ja Blåfield 2009; Schwaber ja Beedle 2002)

Testerikehityksessä Scrumin käyttö ei muuttaisi projektin alkuvaiheen kulkua. Testerin elektronikka-, layout- ja mekaniikkasuunnittelu etenevät aina kiinteässä järjestyksessä eikä pysty nopeuttamaan kehitystä esimerkiksi rooleja muuttamalla. Ohjelmistosuunnittelija ei pysty tarjoamaan juurikaan apua esimerkiksi layout- tai mekaniikkasuunnitteluun. Suunnittelijoiden välinen kommunikaatio ja yhteisen päämäärän asettaminen ovat toki tärkeitä ja tavoittelemisen arvoisia asioita, mutta ne eivät yksistään riitä Scrumin pohjaksi. Scrumia voitaisiin täysipainoisesti käyttää vain ohjelmistosuunnittelussa, jossa mallin hyödyntäminen vaatisi roolien tunnistamista ja sopivien henkilöiden kiinnittämistä scrum-mestariksi ja tuotteen omistajaksi. Kokonaisen testeriprojektin toteutuksen hallintaan (elektronikkasuunnittelu, mekaniikkasuunnittelu, ohjelmistosuunnittelu, kokoonpano, testaus, jne.) tarvitaan joka tapauksessa projektipäällikkö, scrum-mestarin rooli olisi osin rinnakkainen projektipäällikölle, eikä sama henkilö välttämättä voisi toimia optimaalisesti molemmissa rooleissa. Asiakkaan osallistuttaminen sprinttien suunnitteluun voisi olla myös ongelmallista. Käytännössä tuotteen omistaja olisi monessa tapauksessa Espotelin asiakasvastaava, mikä ei ole paras mahdollinen tilanne. Tuotteen omistaja vastaa ominaisuuksien määrittelystä ja priorisoinnista sekä kannattavuudesta. Asiakasvastaava ei voi päättää näistä seikoista asiakkaan puolesta.

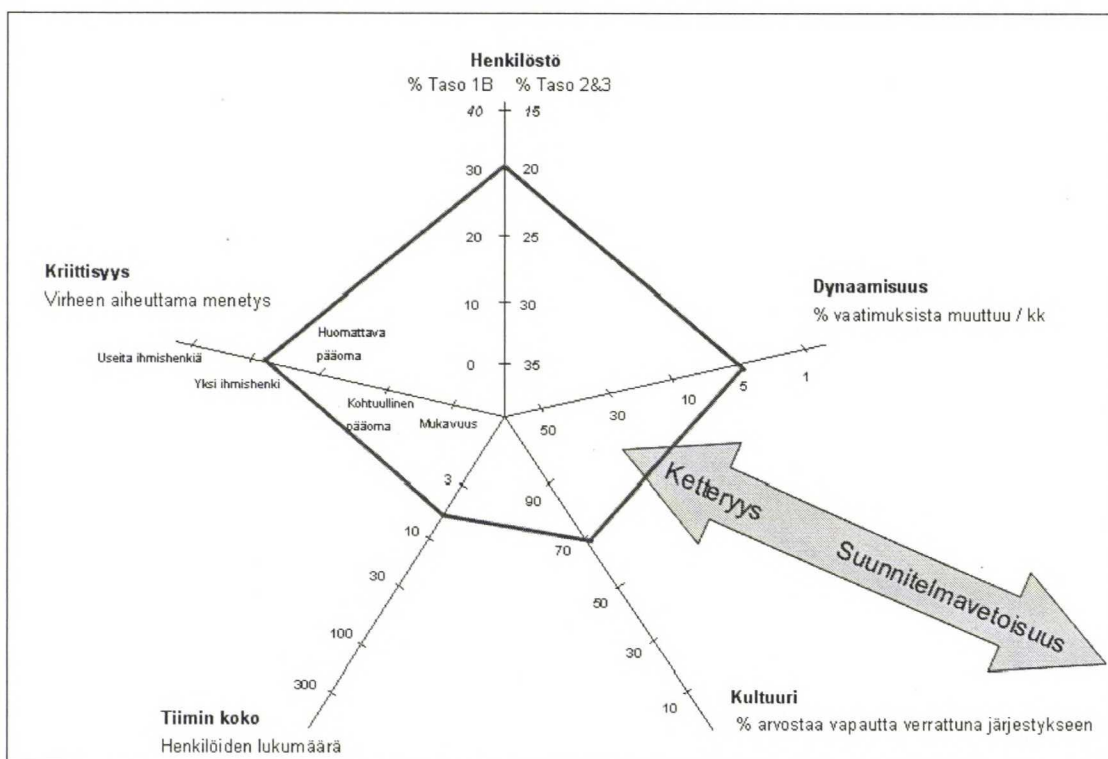


#### 4.2.13 Testeriprojektien kotikenttä

Barry Boehm ja Richard Turner ovat kehittäneet menetelmän suunnitelmavetoisten ja ketterien prosessimallien soveltuvuuden arvioimiseen (Boehm ja Turner 2003). Tutkijat pohtivat menetelmien heikkouksia ja vahvuuksia sekä esittävät kummallekin ääripäälle ns. kotikentät. Boehmin ja Turnerin malli on alunperin tarkoitettu yksittäisen projektin arviointiin, mutta sitä voidaan käyttää apuna myös yleisemmin uuden prosessimallin vaatimuksia arvioitaessa, koska yksittäiset testeriprojektit poikkeavat toisistaan vain vähän arviointavien suureiden osalta.

Eri menetelmien soveltuvuutta arvioidaan viisiakselisella napadiagrammilla. Akselit ovat kriittisyys, henkilöstön kyvykkyys, vaatimusten dynaamisuus, yrityksen kulttuuri ja suunnittelu tiimin koko. Mitä lähemmäs napadiagrammin keskipistettä arviot osuvat, sitä paremmin ketterät menetelmät soveltuvat käytettäväksi. Arvioiden osuessa lähemmäs ulkokehää, suunnitelmavetoiset menetelmät toimivat todennäköisesti paremmin. Mikäli arvot osuvat välialueelle Boehm ja Turner suosittelevat menetelmien yhdistämistä.

Testeriprojektien luonnetta arvioitiin projektipäälliköiden kanssa käyttäen Boehmin ja Turnerin menetelmää. Tulokseksi saatu napadiagrammi on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Testeriprojektien kotikenttäkuvaaja (Boehm ja Turner 2003).

Testeriprojektien kriittisyys riippuu testattavasta tuotteesta ja sen valmistusmääristä. Suurivolyymisillä tuotteilla testauksen ja tuotannon laadun tulee olla vähintäänkin kohtuullisella tasolla, jotta tuotannon jälkeiset laatukustannukset voidaan hallita. Toisaalta huipputekniikan tuotteisiin kohdistuu aina kovat laatuvaatimukset ja asiakasyrityksen maineeseen liittyvät taloudelliset menetykset voivat olla suuria valmistusmääristä riippumatta. Lääketieteelliset laitteet aiheuttavat

kovimmat vaatimukset kriittisyydelle, pahimmassa tapauksessa huonosti toteutettu tuotantotesteri voi aiheuttaa jopa ihmishenkien menetyksiä. Yhteenvetona testeriprojektien kriittisyydestä voidaan todeta, että kyse on aina vähintäänkin merkittävistä taloudellisista arvoista ja pahimmillaan jopa ihmishengistä.

Testeriprojekteissa kehitystiimin koko vaihtelee muutamasta henkilöstä vajaaseen kymmeneen henkilöön. Keskiarvona voidaan pitää viittä henkilöä. Yrityksen kulttuuria pohdittiin ryhmässä ja todettiin, että suurin osa suunnitteluhenkilöstöstä arvostaa vapaata ja itsenäistä työskentelyä enemmän kuin tiukasti säännöillä ohjattua tekemistä. Napadiagrammin asteikolla päädyttiin arvoon 70 % vapaan tekemisen puolesta.

Projektien dynamiikka johtuu pääosin ulkoisista muutoksista, joita ovat esimerkiksi muutokset testattavan tuotteen rajapinnoissa. Integroituvaiheessa havaitaan usein puutteita toiminnallisuudessa tai testausmäärittelyt todetaan virheellisiksi. Testereiden ei-toiminnalliset vaatimukset tarkentuvat usein vasta toteutus- tai integroituvaiheen aikana, kun järjestelmää esitellään ensimmäisen kerran asiakkaalle ja loppukäyttäjille. Tarkennukset ja lisävaatimukset koskevat esimerkiksi raportointitoimintoja tai käyttöliittymää. Toisaalta toteutuksen pohjana olevat tuotealustakomponentit vakioivat projektien sisältöä ja vähentävät oleellisesti muutostarpeita. Lisäksi projektien kulku ja riskit ovat kohtalaisen hyvin ennakoitavissa. Usein samalle asiakkaalle toteutetaan useampia testereitä, jolloin vaatimukset ovat hyvin tiedossa etukäteen. Keskustelun perusteella päädyttiin varovaiseen arvioon, että muutoksia tulee keskimäärin 5 kpl kuukaudessa.

Boehmin ja Turnerin mallissa henkilöstön kyvykkyyden arviointiin käytetään alunperin Cockburnin (2002) esittelemää tasoluokitusta. Luokituksen mukaan henkilöt jaetaan viiteen ryhmään (-1, -1B, 1A, 2 ja 3), sen mukaan kuinka hyvin henkilö kykenee omaksumaan ja soveltamaan käytettyä prosessia. Henkilöstön taitotasoa akselilla on Boehmin ja Turnerin mallissa kaksi rinnakkaista asteikkoa. Heidän mukaansa ketterissä projekteissa kolmannes henkilöstä tulisi olla tasoilla 2 tai 3. Kun taas suunnitelmavetoista prosessia käytettäessä selvittään eteenkin projektin edetessä pienemmälläkin taitotasolla. Henkilöstön arvioinnissa päädyttiin napadiagrammin asteikolla arvoon Taso 1B: 30 % ja Tasot 2 ja 3: 20 %.

Testeriprojekteja kuvaavasta napadiagrammista havaitaan, että suurin osa arvioista osuu suunnitelmavetoisten mallien puolelle. Ainoastaan tiimin koko ja kulttuuri kannustavat selkeästi ketterien menetelmien käyttöön. Mikäli ketteriä menetelmiä haluttaisiin käyttää, henkilöstön osaamista voitaisiin kehittää kouluttamalla, mutta lähtötilanne huomioiden, se vaatisi paljon aikaa. Tarkastelun perusteella suunnitelmavetoiset prosessimallit sopivat ketteriä malleja paremmin testerikehitykseen.

Boehm ja Turner toteavat, että prosessimalli kannattaa räätälöidä omien tarpeiden mukaan sopivaksi. Omassa mallissa voi käyttää sekä suunnitelmavetoisten että ketterien menetelmien piirteitä. Tutkijat varoittavat käyttämästä prosessin sovittamisesta perinteistä tapaa, jossa suunnitelmavetoisista malleista karsitaan turhia ominaisuuksia pois. Sen sijaan he kannustavat käyttämään ketterää lähestymistapaa, jossa lähdetään aluksi liikkeelle kevyellä prosessilla ja lisätään siihen myöhemmin ominaisuuksia mikäli niiden kustannushyödyt voidaan selvästi osoittaa. Lisäksi Boehm ja Turner neuvovat kiinnittämään enemmän huomiota henkilöstöön, arvoihin, kommunikointiin ja johtamiseen pelkkien metodien kehittämisen sijaan.



### 4.3 Yhteenveto

Tässä luvussa tarkasteltiin eri prosessimallien soveltuvuutta testerikehitykseen. Luvun alussa esiteltiin testerisuunnitteluprosessille asetettavat vaatimukset. Testerisuunnittelun kannalta tärkeimmät prosessimallit esiteltiin ja pohdittiin niiden soveltuvuutta testerikehitykseen. Kirjallisuudesta löydetty prosessit jaettiin kahteen pääryhmään; suunnitelmavetoisiin ja ketterisiin malleihin. Testeriprojekteja arvioitiin Boehmin ja Turnerin kehittämällä arviointimenetelmällä, jonka perusteella testeriprojekteille sopii parhaiten suunnitelmavetoinen prosessimalli. Boehmin ja Turnerin mukaan prosessimallin valintaa ei pidä kuitenkaan tehdä yksioikoisesti, vaan pikemminkin räätälöidä olemassa olevia malleja hyödyntäen omaan käyttötarkoitukseen sopiva malli. Boehm ja Turner opastavat poimimaan eri malleista piirteitä ja rakentamaan niiden perusteella oma toimintatapa. Taulukossa 6 on esitetty yhteenveto eri prosessimallien soveltuvuudesta testerikehitykseen. Vertailun kriteereinä on käytetty luvun alussa esitettyjä vaatimuksia. Mallien arviointi asetettuja kriteereitä vastaan perustuu tässä luvussa esiteltyyn kirjallisuustutkimukseen, jossa kunkin prosessimallin esittelyn yhteydessä pohdittiin myös mallin soveltuvuutta testerikehitykseen.

Taulukko 6. Prosessimallien soveltuvuus testerikehitykseen

	Tehokkuuden parantaminen				Asiakastyytyväisyys ja ennustettavuus			Henkilöstötyytyväisyys, prosessin käytettävyys ja näkyvyys		
	Tekemisen tiivistäminen	Valmisosien käytön lisääminen	Määrittelyn puutteellisuus	Riskien hallinta	Aikataulun pitävyys ja ennustettavuus	Kustannusarvion pitävyys ja ennustettavuus	Muutostenhallinta	Tiimin osallistuminen projektin suunnittelun	Näkyvyyden lisääminen valmiusasteeseen	Skaalautuvuus
Stage-gate	++	0	++	++	+	+	0	0	+	+
Vesiputousmalli	-	0	++	-	-	-	-	0	-	-
Inkrementaalinen malli	0	0	+	+	+	+	+	0	+	0
Prototyyppimalli	0	0	0	+	+	0	0	0	++	0
Spiraalimalli	0	0	+	++	0	0	++	0	+	+
Komponenttimalli	0	++	0	++	+	++	-	0	0	0
Aikarajoitettu malli	+	0	0	0	++	++	0	++	++	+
Extereme programming	+	0	0	+	0	0	++	++	+	++
Scrum	+	0	0	+	0	0	++	++	++	+

	Selitys
-	Heikentää osa-aluetta
0	Ei ota kantaa osa-alueeseen
+	Parantaa osa-aluetta
++	Parantaa osa-aluetta merkittävästi

Taulukossa 6 esitetyn vertailun perusteella nähdään, että yksikään esitellyistä prosessimalleista ei ratkaise kaikkia testerisuunnittelun haasteita. Vertailussa jokaisen prosessimallin soveltuvuutta on tarkasteltu kokonaisen testeriprojektin näkökulmasta. Optimaalisen lopputuloksen saavuttamiseksi projektin eri vaiheissa voidaan soveltaa erilaisia malleja ja ne voidaan optimoida testeriprojekteja varten. Stage-gate-malli tarjoaa ratkaisun projektikokonaisuuden hallintaan. Vesiputousmalli soveltuu lähinnä projektin elektroniikka-, mekaniikka- ja layout-suunnitteluvaiheiden käytettäväksi. Iteratiivisia malleja voidaan hyödyntää ohjelmistosuunnittelu ja integrointivaiheissa. Komponenttimalli edistää valmisosien käyttöä ja pienentää siten projektin riskejä sekä auttaa laatu- ja aikataulupaineiden hallintaa. Projektin integrointivaihe voidaan toteuttaa aikarajoitettuina jaksoina, jolloin näkyvyys projektin etenemiseen kohenee. Ketterät menetelmät eivät sovellu koko testeriprojektin hallinnan lähtökohdaksi. Niistä löytyviä piirteitä tai yksittäisiä toimintatapoja voidaan kuitenkin hyödyntää myös testeriprojekteissa. Tiimityön, kommunikaation ja yhteisen suunnittelun korostaminen ovat arvoja, joiden esiintuomisella projektien tehokkuutta ja laatutasoa voitaisiin parantaa.



## 5 Uusi prosessimalli

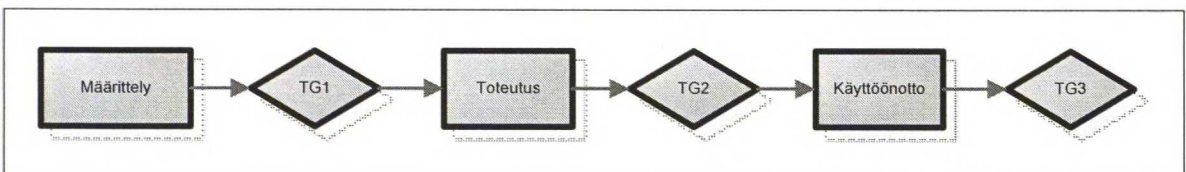
Tässä luvussa esitellään Espotelin testerikehityksen uusi prosessimalli. Kehitystyössä on noudatettu Boehmin ja Turnerin (2003) suosittamaa tapaa, jossa arvioidaan eri mallien ominaisuuksia ja räätälöidään kuhunkin käyttötarkoitukseen parhaiten sopiva malli. Edellisessä luvussa esitellyn soveltuvuusvertailun perusteella uuden prosessimallin lähtökohdaksi valittiin Stage-gate-malli. Stage-gate toimii kehitetyn testeriprosessin perusrunkona, mutta siihen on lainattu piirteitä myös muista suunnitelmavetoisista ja ketteristä prosessimalleista.

Stage-gate-mallissa projekti etenee vaiheesta toiseen hyväksyntäporttien kautta. Testeriprojekteihin suunniteltu malli sisältää kolme päävaihetta ja porttia. Kehitetty prosessimalli on joustava ja se voidaan skaalata eri kokoihin projekteihin sopivaksi. Tärkeänä osana uutta prosessia on panostus projektisuunnitteluun ja projektitiimin osallistuttaminen siihen. Prosessimalli tarjoaa projektitiimille käytettäväksi joukon työkaluja, joita he voivat parhaaksi katsomallaan tavalla hyödyntää projektin läpi viemiseksi annetuissa puitteissa. Malli korostaa projektitiimin ja siihen kuuluvien yksilöiden vastuuta projektin onnistumisesta. Prosessi voidaan mukauttaa kulloinkin käynnistettävään projektiin sopivaksi. Tältä osin mallin arvomaailma muistuttaa ketterää kehitystä, jossa joustavuutta ja yksilöitä painotetaan enemmän kuin jäykkää toimintatapaa.

Luvun alussa uusi prosessimalli esitellään aluksi yleisesti verrataan sitä alkuperäiseen Stage-gate -malliin. Yleisesittelyä seuraavissa kappaleissa esitellään erikseen prosessin kolme päävaihetta ja päätöksentekoporttia. Lopuksi prosessin tärkein osa, toteutusvaihe puretaan auki ja se kuvataan vielä yksityiskohtaisemmin. Tässä työssä on keskitytty erityisesti toteutusvaiheen prosessin kehittämiseen, koska se käsittää yli 80 % koko testerihankkeen työmäärästä. Prosessin kaksi muuta päävaihetta on kuvattu yleisemmällä tasolla.

### 5.1 Prosessimallin esittely

Kuten tämän työn aiemmissa luvuissa on todettu, testeriprojektien määrittely ja käyttöönottovaiheet ovat kestoltaan pitkiä ja ne ovat tiukasti riippuvaisia ulkoisista tekijöistä. Toisaalta taas todettiin, että toteutusvaihe on riippumattomampi ulkoisista tekijöistä ja se voidaan eristää ja tiivistää tehokkaaksi osaprojektiksi. Ennen kuin toteutusvaihe aloitetaan, tulee lähtötiedot tarkistaa. Vastaavasti ennen käyttöönottoa tulee varmistaa, että toteutusvaihe on suoritettu loppuun. Prosessi jakaa testeriprojektin kolmeen päävaiheeseen kuvan 20 mukaisesti.



Kuva 20. Testerisuunnitteluprosessi.

Kukin vaihe voidaan toteuttaa omana aliprojektinaan ja vaiheiden välissä on päätöksentekoportit. Porttien avulla tarkistetaan, että projektilla on edellytykset edetä seuraavaan vaiheeseen. Osituk-sella pyritään ennen kaikkea siihen, että henkilöresursseja paljon kuluttava toteutusvaihe voidaan suorittaa tehokkaasti ja mahdollisimman lyhyessä ajassa. Kun toteutusvaiheen kalenterikesto lyhenee, yhtäaikaisten projektien lukumäärä suunnittelijaa kohti vähenee.

Vaiheiden välissä voi olla myös ulkoisista tekijöistä johtuvia taukoja. Esimerkiksi testauksen määrittely voi olla tehtynä, mutta tuotekehityshanke sisältää vielä niin paljon epävarmuus-tekijöitä, ettei testerin toteutusvaihetta kannata vielä aloittaa. Vastaavasti tuotannon valmistelu ja materiaalihankinnat saattavat viivästyä käyttöönottoa. Pilkkomalla kokonaisprojekti osiin, suunnitteluresursseja ei kuormiteta taukojen aikana. Osaprojektit pyritään tekemään tiiviinä kokonai-suuksina valmiiksi asti, jonka jälkeen voidaan jäädä odottamaan seuraavan vaiheen aloitusta.

Alkuperäinen Stage-gate-malli kattaa tuotekehitysprosessin ideointivaiheesta tuotantoon siirtoon asti. Testeriprojektien näkökulmasta ideointivaihe on suppeampi kuin kokonaan uuden tuotteen tapauksessa. Testattava tuote, käytettävät tuotealustat ja tuotantoympäristö asettavat reunaehdot alkuvaiheen ideoinnille. Cooperin kuvaama ideointivaihe ja eri toteutusvaihtoehtojen vertailu soveltuu paremmin testerituotealustojen kehitykseen, eikä sillä ole niin suurta painoarvoa jo kehitettyihin tuotealustoihin perustuvissa toteutusprojekteissa. Testeriprojektien koosta ja edellä mainituista rajoitteista johtuen, Cooperin mallia on skaalattu alaspäin vähentämällä vaiheiden ja porttien lukumäärää. Päätösportit ovat uudessa testeriprosessissa keskeisessä asemassa ja niiden kriteeristö on tiukka, aivan kuten Cooperin mallissakin. Cooperin ajatukset toteutusvaiheen läpi-menoajan lyhentämisestä ovat suoraan sovellettavissa testeriprojekteihin.

### **5.1.1 Määrittelyvaihe**

Määrittelyvaiheen tarkoituksena on tuottaa riittävät lähtötiedot toteutusvaiheelle ja varmistaa, että testaussuunnittelun vaatimukset huomioidaan riittävästi tuotesuunnittelussa. Vaiheen tarkka sisältö riippuu voimakkaasti tuotekehityksessä käytettävästä prosessista, tuotekehitysprojektin aikataulusta ja sen käytössä olevista resursseista. Testerin määrittelyn tuleekin adaptoitua erilai-siin tuotekehityshankkeisiin niiden ehdoilla. Määrittelyvaiheen tavoitteena on varmistaa, että tuotantotestaus määritellään ja että testattavuus on huomioitu tuotteen suunnittelussa.

Joissakin tuotekehitysprosesseissa tuotantotestauksen määrittely ja testattavuuden huomiointi sisältyvät itse tuotekehitysprojektiin. Vastaavasti jonkun toisen organisaation prosessissa tuotantotestaus on rajattu kokonaan tuotekehityksen ulkopuolelle. Läheskään aina tuotekehityk-sessä ei ole riittävästi resursseja ja/tai osaamista kullekin tuotteelle optimaalisen tuotantotestauk-sen määrittelyyn. Kaikissa näissä tapauksissa testeriprojektin määrittelyvaiheen tarjoaa asiantun-tijaosaamista, joka sovitetaan kulloiseenkin tarpeeseen sopivaksi. Määrittelyvaiheen jälkeen kaikki projektit täyttävät tietyt minimivaatimukset ja ne ovat lähtötiedoiltaan siten yhteismi-tallisia.

Määrittelyvaihe on ajallisesti pitkä ja se on voimakkaasti riippuvainen tuotekehitysprojektin etenemisestä. Tutkittujen esimerkkiprojektien perusteella (kappale 3) määrittelyvaihe vastaa työ-määrältään kuitenkin vain noin 9 % projektin kokonaistyömäärästä.



Määrittelyvaiheen tulee integroitua eri asiakasyritysten tuotekehitysprosesseihin mahdollisimman luontevasti. Vaiheen sisältö vaihtelee tuotesuunnittelussa käytettävän prosessin ja tuotekehityshankkeen rakenteen mukaan. Määrittelyvaiheella on kuitenkin selkeä päämäärä, tavoitteena on varmistaa testausmäärittelyn syntyminen ja testauksen huomiointi tuotesuunnittelussa. Näiden tavoitteiden perusteella vaiheen sisältö voidaan suunnitella kuhunkin tilanteeseen sopivaksi.

Prosessi tarjoaa käytännön työkaluja määrittelyvaiheen tueksi. Näitä työkaluja ovat suunnittelusäännöt, tarkistuslistat ja dokumenttipohjat. Testattavuutta tukevat suunnittelusäännöt on koottu yhteen dokumenttiin, jota voidaan käydä läpi tuotesuunnittelijoiden kanssa. Dokumentissa olevat ohjeet on perusteltu teknis-taloudellisesti ja niitä noudattamalla päästään kustannustehokkaaseen testausratkaisuun. Tuotesuunnittelussa on luonnollisesti muitakin reunaehdotuksia, eikä tuotteita voida suunnitella pelkästään testauksen näkökulmasta. Kaikki esitetyt suunnittelusäännöt eivät ole ehdottomia, vaan osa niistä on sidoksissa keskenään, jolloin kaikkien tekijöiden yhteisvaikutus on ratkaiseva. Sääntöjen soveltamisessa eri tyyppisille tuotteille tarvitaan testausasiantuntijan apua.

Tarkistuslistojen avulla voidaan helposti todeta onko suunnittelusääntöjä noudatettu ja toisaalta varmistua siitä, että kaikki tarvittava tieto tuotehankkeesta on saatavilla. Varsinaista testien määrittelyä varten prosessi tarjoaa dokumenttipohjan, jota voidaan soveltaa eri hankkeissa. Joissain tapauksissa asiakkaalla voi olla käytössään oma dokumenttipohja, jolloin sitä voidaan hyödyntää ja tarvittaessa täydentää Espotelin prosessin tarjoamalla pohjalla. Espotelin testerisuunnitteluprosessi ei siis pakota käyttämään juuri tiettyä prosessissa määriteltyä dokumenttipohjaa. Vastuu oleellisten asioiden dokumentoinnista on määrittelyhankkeen tekijöillä, jotka voivat käyttää apunaan valmiita Espotelin ja/tai asiakkaan tarjoamia pohjia.

Määrittelyhankkeet soveltuvat parhaiten kokeneille suunnittelijoille, joilla on kattava osaaminen kaikista testerihankkeen osa-alueista (elektroniikka, ohjelmisto ja mekaniikka). Teknisen osaamisen lisäksi tarvitaan sosiaalisia taitoja ja kommunikointihalukkuutta eri osapuolten kanssa. Oman organisaation erikoisosaamista tulee välittää tuotesuunnitteluhankkeelle ja toisaalta pitää pystyä ymmärtämään tuotekehityshankkeen reunaehdot ja mahdolliset tekniset tai taloudelliset rajoitteet. Suunnittelusääntöjen, tarkistuslistojen ja dokumenttipohjien jatkokehittäminen sekä hyviksi havaittujen käytäntöjen dokumentointi kuuluvat myös määrittelyvaiheen tekijöiden tehtäviin.

Kolmantena osaamisalueena määrittelyhankkeissa tarvitaan testauksen kustannusten ymmärrystä. Valmistusmäärät ja suurimmat sallitut vikatiheydet vaihtelevat tuotteittain. Samat asiat voidaan periaatteessa testata useissa eri kohdissa tuotantoprosessin aikana. Eri maissa tapahtuvalla ihmistyöllä tai koneajalla voi olla erilaiset kustannukset. Kaikki nämä asiat vaikuttavat osaltaan siihen minkälainen testausmenetelmä on optimaalinen kullekin tuotteelle. Kattavuuden lisäksi määrittelyssä otetaan kantaa testauksen luotettavuuteen, tarkkuuteen, vian paikannustarkkuuteen, käytettävyyteen, kestoajkaan, huolto- ja ylläpitotarpeeseen, jne.

### 5.1.2 TG1-portti

Ennen toteutusvaiheen aloittamista portissa TG1 tarkistetaan, että määrittelyvaiheen tuottamat lähtötiedot ovat kunnossa ja että muut edellytykset hankkeen jatkamiselle ovat kunnossa. Lista TG1-vaatimuksista on esitetty liitteessä D. Listan tarkoituksena on nostaa esille toteutusvaiheen

kannalta kriittisiä tekijöitä ja riskejä. Osalle kysymyksistä voidaan asettaa selkeät kriteerit, joiden perusteella projektin eteneminen voidaan pysäyttää. Näitä ovat mm. testausmäärittelyn ja tilauksen olemassa olo. Toisaalta kaikille listan kohdille ei voida asettaa yksikäsitteisiä kriteereitä, vaan niiden tarkoitus on toimia muistutuksena mahdollisista riskitekijöistä ja niiden selvittämisestä. Päätöksenteossa näiden kohtien vaikutusta voidaan arvioida kokonaisuutena ja riskitaso voidaan valita kuhunkin tilanteeseen sopivaksi. Listan tarkoituksena on tuoda riskitaso ja siihen liittyvät tekijät näkyviksi sekä auttaa päätöksenteossa näiden perusteella.

Listan vaatimukset tarkistetaan kokouksessa, johon osallistuvat liiketoimintayksikön johtaja, projektin myynnistä vastaava henkilö ja (tuleva) projektipäällikkö. Jokainen listan kohta voidaan projektikohtaisesti todeta päteväksi tai pätemättömäksi. Lähtökohtaisesti pätemättömäksi toteamista tulisi kuitenkin välttää, koska silloin koko lista menettää osin merkityksensä. Projekti saa jatkaa toteutusvaiheeseen vain mikäli kaikki päteviksi todetut kohdat kohdat todetaan olevan kunnossa (OK).

Poikkeuksellisesti projekti voidaan kuitenkin aloittaa, vaikka kaikki ehdot eivät täytyisivätkään. Poikkeusmenettelyä voidaan tarvita esimerkiksi silloin, jos suuri osa henkilöresursseista on vapaana ja vailla projektia. Tällöin voi olla liiketoiminnallisesti perusteltua aloittaa projektin eteenpäin vieni epätehokkaallakin tavalla. Poikkeuspäätös tulee aina perustella ja perustelulle on varattu oma kohtansa TG1-lomakkeessa.

### 5.1.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaihe alkaa vain jos projekti on saanut myönteisen päätöksen TG1-portista. Toteutusvaiheen kesto on kokonaisprojektin kannattavuuden kannalta tärkein menestystekijä. Vaiheen puristaminen tiiviiksi kokonaisuudeksi on tavoiteltavaa, koska se kattaa yli 80 % kokonaistyömäärästä ja sitoo paljon eri henkilöitä. Lähtötietojen ollessa kunnossa toteutusvaihe voidaan suorittaa suhteellisen riippumattomasti ulkoisista tekijöistä. Voidaankin ajatella, että toteutusvaiheen aloittamista kannattaa lykätä mahdollisimman myöhään. TG1-kriteeristö pyrkiikin tähän, riskitasoa arvioidaan eri näkökulmista ja kun haluttu taso saavutetaan, toteutusvaihe kyetään tekemään tehokkaasti.

Määrittelyvaihe pyrkii jalostamaan projektit mahdollisimman samankaltaisiksi toteutusvaiheeseen tultaessa. Tämä lisää tehokkuutta ja mahdollistaa toteutusvaiheen tarkemman määrittelyn. Toteutusvaihe sisältää runsaasti eri työvaiheita ja niiden keskinäisiä riippuvuuksia. Vaiheita ovat mm. elektroniikkasuunnittelu, ohjelmistosuunnittelu, layout-suunnittelu, hankinnat, kokoonpano, ylösnosto ja verifiointi. Konkreettisen tekemisen lisäksi kukin projekti tarvitsee projektikohtaista suunnittelua ja optimointia, joka on sisällytetty toteutusvaiheeseen. Projektikohtaisesti toteutusvaiheeseen voidaan sisällyttää katselmointeja ja välijulkaisuja, joiden avulla seurataan projektin etenemistä ja varmistetaan laatutaso.

Toteutusvaiheen sisältö esitellään yksityiskohtaisemmin kappaleessa 5.2.



#### 5.1.4 TG2-portti

TG2-portin tarkoituksena on varmistaa testerin valmiustaso ennen sen käyttöönottoa. Kriteeristö on esitetty liitteessä E. Toteutusvaiheen tulisi tuottaa valmis ja hyväksytty testeri tuotantoon toimitettavaksi. TG2:n kysymykset on jaettu neljään ryhmään: muutosten hallinta, FAT, hyväksynnit ja projektin hallinta. Muutosten hallinnan kysymyksillä pyritään varmistamaan, että kaikki projektin sidosryhmät ovat tietoisia toteutusvaiheen aikaisista muutoksista ja niiden toteuttamisesta on yhteinen näkemys. FAT-ryhmän kysymyksillä varmistetaan testerin valmiustaso. Asiakas- ja loppukäyttäjän hyväksyntöihin liittyvät kysymykset on esitetty hyväksynnit-ryhmän alla. Viimeisenä kysymysryhmänä ovat projektin hallintaan liittyvät kysymykset, joilla varmistetaan, että projektin hallinnolliset työt on tehty. Tärkeimpänä kysymyksenä voidaan pitää: ”Onko projekti suljettu tuntikirjausjärjestelmästä?”. Vastaus kertoo käytännössä, ovatko kaikki toteutusvaiheen työt tehty vai ei. Mikäli projekti on edelleen auki tuntikirjauksia varten, on hyvin todennäköistä, että toteutusvaiheen työt jatkuvat edelleen.

TG2-portin vaatimuslistan kohdat tarkistetaan kokouksessa, jossa portin hyväksynnästä tai hylkäyksestä päättävät käyttöönottoprojektin (tuleva) projektipäällikkö, asiakasvastaava (myynti) sekä liiketoimintayksikön johtaja. Jokainen listan kohta voidaan projektikohtaisesti todeta päteväksi tai pätemättömäksi. Projekti saa edetä käyttöönottovaiheeseen vain mikäli kaikki päteviksi todetut kohdat todetaan olevan kunnossa (OK).

Vastaavasti kuin TG1-portissa, projektia voidaan poikkeuksellisesti jatkaa, vaikka kaikki listan ehdot eivät täytyisivätkään. Joissain tilanteissa asiakas voi vaatia testerin käyttöönottoa, vaikka kaikki TG2-portin vaatimukset eivät täytyisikään. Tällöin vaatimuslista poikkeamiseen voidaan esitellä asiakkaalle. Poikkeamiin liittyvät riskit voidaan arvioida ja sopia kustannusten kohdistamisesta riskien toteutuessa. Poikkeusmenettelyn vahvistaa liiketoimintayksikön johtaja. Poikkeusmenettely tulee aina perustella.

#### 5.1.5 Käyttöönottovaihe

Käyttöönottovaiheessa valmis testeri siirretään kohdetehtaalte ja varmistetaan testerin toiminta kohdeympäristössä. Testerin mukana tehtaalte toimitetaan käyttöön ja ylläpitoon tarvittava dokumentaatio. Käyttöönottoon osallistuu 1-2 henkilöä Espotelista. Testeri liitetään kohdetehtaalte sähkö-, tieto- ja paineilma-verkkoihin. Yhteensopivuusongelmien välttämiseksi liitännätavat ja -vaatimukset on selvitetty jo toteutusvaiheen aikana ja ne on huomioitu suunnittelussa. Mikäli kohdetehtas muuttuu toteutusvaiheen jälkeen, testeri siirretään toiseen tehtaaseen tai liitännävaatimukset ovat epäselviä, saatetaan käyttöönotossa törmätä ongelmiin.

Testeri-PC:lle luodaan käyttäjätunnukset ja -profiilit tehdashenkilökuntaa varten. Mahdolliset etäkäyttö- ja tietokantayhteydet otetaan käyttöön. Tietoliikenneyhteyksiä ei useinkaan päästä kokeilemaan etukäteen ja niiden saattamisessa toimintakuntoon tarvitaan useiden osapuolten työpanosta. Käyttöönotossa näille toimenpiteille onkin syytä varata riittävästi aikaa.

Tehtaan henkilökuntaan kuuluvat testerioperaattorit ja -ylläpitäjät koulutetaan tarvittaessa käyttöönottovaiheen yhteydessä. Koulutusta tarvitaan erityisesti mikäli kyseessä on ensimmäinen Espotelin Procket-testeritoimitus kohdetehtaalte. Koulutuksessa käydään läpi testerin käyttö sekä huolto- ja kalibrointitoimenpiteet. Viimeistään tässä vaiheessa on sovittava siitä,

kuinka huollot ja kalibroinnit suoritetaan ja mikä osapuoli huolehtii niistä. Vastaavasti on sovittava testerin rikkoontuessa noudatettavista käytännöistä.

Tärkeä osa käyttöönottoa on testerin koeajo. Ensimmäisenä varmistetaan turvalaitteiden ja käyttökytkinten toimivuus. Samalla operaattoreille voidaan osoittaa käytännössä, kuinka testeriä käytetään ja kuinka turvalaitteet toimivat. Seuraavaksi testerin toiminta varmistetaan toteutusvaiheen verifiointissa käytetyllä tuoteyksilöllä. Saatuja testituloksia verrataan verifiointivaiheen tuloksiin ja niiden tulisi vastata toisiaan. Mikäli tässä havaitaan poikkeamia, vaihtoehtoja on kaksi; testeri on saattanut vaurioitua kuljetuksessa tai erilaiset käyttöolosuhteet vaikuttavat mittaustuloksiin. Ongelman juurisyy selvitetään ja se korjataan ennen kuin käyttöönottoa jatketaan.

Kolmanneksi testerin toimintaa kokeillaan tehtaan valmistamilla tuoteyksilöillä. Mittaustulosten tulisi vastata verifiointissa saatuja tuloksia mittaustarkkuudet ja toleranssit huomioiden. Tässä vaiheessa voidaan törmätä poikkeamiin, mikäli verifiointissa on käytetty yksilö on vanhempaa revisiota kuin tuotannon valmistamat tuotteet. Uusien tuotteiden kohdalla tämä on yleistä, koska testerin toteutusvaihe tapahtuu osin päällekkäin tuotekehityksen kanssa ja tuotteen suunnittelu ”elää” vielä testerin valmistumisen jälkeen. Kohdetehtaalla voi olla käytössään eri komponentti-toimittajat ja osin eri komponenttikanta kuin mitä verifiointivaiheen tuotteissa on käytetty. Komponenttien vaihtuminen voi aiheuttaa eroja saatuihin testituloksiin. Mikäli eroja tehtaan valmistamien tuotteiden ja verifiointissa käytettyjen tuotteiden välillä havaitaan, selvitetään ensimmäisenä mahdolliset revisiomuutokset tai komponenttien eroavuudet. Seuraavaksi tulokset ja erot raportoidaan tuotesuunnitteluun, jonka tehtävänä on päättää ovatko poikkeamat hyväksyttäviä vai ei. Mikäli erot hyväksytään, päivitetään testerin raja-arvoja vastaamaan uutta tilannetta.

Raja-arvojen muuttamista ei voida tehdä yksittäisen tuotteen mittaustulosten perusteella. Komponenttitoleransseista ja mittalaitteiden mittausepävarmuudesta johtuvat erot mittaustuloksissa voivat johtaa harhaan. Mikäli erot johtuvat suoraan komponenttien muuttumisesta, voidaan niiden aiheuttamat muutokset mittaustuloksiin laskea ja asettaa uudet raja-arvot sen perusteella. Toinen vaihtoehto kokonaiskuvan muodostamiseksi on testata useita kortteja ja laskea niiden perusteella sopivat raja-arvot tilastollisesti. Samaa tilastollista menettelyä on voitu käyttää jo toteutusvaiheessa alkuperäisiä rajoja asetettaessa. Kaikki muutokset hyväksytetään lopullisesti tuotesuunnittelijalla.

Neljäntenä vaiheena voidaan suorittaa testitulosten tilastollinen arviointi. Tulosten arvioimiseksi testataan riittävän suuri erä, vähintään kymmeniä, tuotteita ja mittaustuloksia arvioidaan esimerkiksi jakauman tai pareto-analyysin perusteella. Tuloksista voidaan nähdä tuotantoprosessin ja komponenttien aiheuttamat vaihtelut sekä arvioida asetettujen raja-arvojen järkevyyttä. Tilastollinen arviointi voidaan tehdä ensimmäisen kerran käyttöönoton yhteydessä, jonka jälkeen se voidaan toistaa sopivin määräväleillä, trendien ja prosessimuutosten tunnistamiseksi. Asiakkaasta riippuen toiminnot voivat olla automatisoituja.

Käyttöönottovaiheen tehtävät ja koeajot on koottu SAT (Site Acceptance Test) –tarkistuslistaan. Listan tarkoituksena on ohjata käyttöönottoprosessia ja dokumentoida tehdyt toimenpiteet sekä mahdolliset poikkeamat. Tarkistuslista toimii käyttöönottovaiheen pöytäkirjana ja lopuksi se



hyväksytään yhteisesti kohdotehtaan, asiakkaan ja Espotelin kesken. SAT-tarkistuslistan allekirjoituksilla tuotteen omistaja ja tehdas hyväksyvät testerin tuotantokäyttöön. Testerin takuu-aika alkaa hyväksytystä käyttöönotosta. Mikäli käyttöönotossa havaitaan poikkeamia, voidaan sopia niiden hyväksymisestä tai korjaamisesta ja sopia uusi käyttöönottotarkastus.

Käyttöönottoa ei voida kattavasti suorittaa mikäli testerillä ei päästä testaamaan tehtaalla valmistettuja tuotteita. Kokonaan uuden tuotteen tapauksessa tehtaalla ei välttämättä ole mahdollisuutta valmistaa tuotteita esimerkiksi komponenttipuutteista johtuen. Tällöin käyttöönottoa tulisi siirtää, kunnes tuotantovalmius on saavutettu. Koko tuotantoprosessin tulisi olla lopullisessa muodossaan, jotta kaikki testaukseen vaikuttavat toiminnot voitaisiin huomioida.

### 5.1.6 TG3-portti

Viimeisen portin, TG3:n tarkoituksena on varmistaa, että käyttöönottovaiheen tehtävät on suoritettu ja että koko projekti voidaan siirtää ylläpitotilaan. TG3-portin kriteeristö on esitetty liitteessä F. Kriteerit on jaettu neljään ryhmään; SAT, käyttöönotto, jälkimarkkinointi ja projektinhallinta. SAT (Site Acceptance Test) tarkoittaa tehtaalla suoritettavaa käyttöönottotarkastusta, joka on kuvattu tarkemmin edellisessä kappaleessa. TG3-portissa varmistetaan, että SAT on suoritettu ja että kaikki osapuolet ovat hyväksyneet tulokset. Testerin kehitysprojektia ei voida sulkea tai siirtää ylläpitoon, ennen kuin testerin käyttöönotto on suoritettu hyväksytysti.

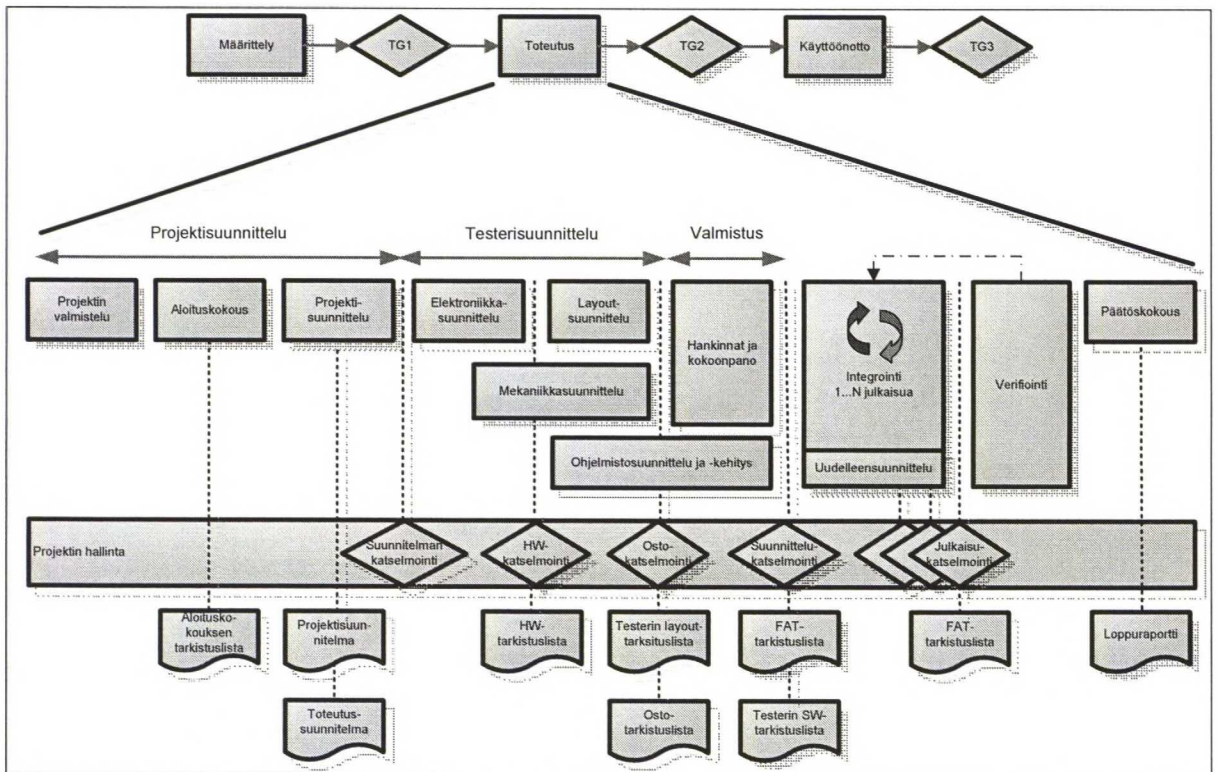
TG3-kriteeristön käyttöönotto-osio varmistaa, että tehtaan henkilöstö on koulutettu, dokumentaatio on toimitettu ja että tehtaalla on käytössään referenssituote ("Golden Sample"). Referenssituote on toimiva mallikappale, joka on läpäissyt testit ja sen testitulokset ovat tunnetut. Referenssituotetta käyttämällä voidaan tarvittaessa helposti ja nopeasti varmistaa testerin oikea toiminta mikäli epäillään, että testerit on rikkoutunut. Testerin tulisi antaa aina samat testitulokset referenssituotteelle. Referenssituotteeksi valitaan usein käyttöönottovaiheen koeajoissa käytetty tuote, joka merkitään asianmukaisesti. Myöhemmin ylläpidon aikana tapahtuvassa ongelmien selvittelyssä referenssituotteella tehdyt testiajot ovat lähtökohtana vianhauille.

Jälkimarkkinoinnin kysymyksillä halutaan varmistaa, että Espotelin tarjoamia lisäpalveluita on tarjottu asiakkaalle ja tehtaalle. Lisäpalveluita ovat mm. testerin ylläpito, lisäkoulutus (esim. tuotteen vianhaku), tilastollisten tunnuslukujen analysointi sekä lisätyökalujen ja varaosien toimitukset. Projektinhallintaosio varmistaa, että projekti on suljettu tuntikirjausjärjestelmästä ja että (mahdollinen) ylläpitoprojekti on luotu järjestelmään.

TG3-kriteeristöä käytetään samalla tavalla kuin aiemmissa porteissa (TG1 ja TG2). Kunkin kriteerin kohdalla voidaan päättää koskeeko se kyseistä projektia vai ei ja jokaiselle kriteerille määritellään tila. Portti voidaan poikkeustapauksessa hyväksyä, vaikka kaikki listan ehdot eivät täytyisivätkään. Poikkeusmenettely täytyy perustella ja liiketoimintayksikön johtajan tulee hyväksyä se.

## 5.2 Toteutusvaiheen yksityiskohtainen kuvaus

Toteutusvaihe kattaa yli 80 % koko testeriprojektin työmäärästä. Sen suunnittelulla on erittäin suuri vaikutus koko projektin kustannuksiin. Toteutusvaihe koostuu useista eri osatehtävistä, joilla on omat tekijänsä. Vaihe sisältää runsaasti tiedonvaihtoa suunnittelutiimin sisällä. Niinpä toteutusvaiheen suunnitteluun kuvaukseen on tässä työssä kiinnitetty enemmän huomiota kuin prosessin kahteen muuhun päävaiheeseen. Uuden testeriprosessin toteutusvaihe on esitetty yksityiskohtaisesti kuvassa 21.



Kuva 21. Uuden testeriprosessin toteutusvaihe.

### 5.2.1 Projektin valmistelu ja aloituskokous

Toteutusvaihe alkaa projektin valmistelulla, joka kattaa projektipäällikön alkutoimenpiteet uuden projektin käynnistämiseksi. Näitä ovat mm. projektin avaaminen tuntikirjausjärjestelmään, hakemistojen luominen, erilaisten dokumenttipohjien valmistelu, alustava resursointi ja projektin lisääminen seurantalistalle. Aloituskokouksen tarkoituksena on siirtää projekti myynniltä projektitiimin vastuulle. Myynti esittelee projektin toteuttajatiimille ja keskeiset reunaehdot käydään läpi. Projektitiimille esitellään TG1-kriteeristö ja erityisesti siihen mahdolliset tehdyt poikkeamat. Projektin sidosryhmät esitellään toisilleen ja sovitaan projektissa noudatettavista käytännöistä. Aloituskokoukseen voi osallistua myös asiakkaan tai tuotekehitystiimin jäseniä tai kokous voidaan pitää kaksiosaisena. Tarkistuslistan avulla varmistetaan, että kaikki tarvittavat toimenpiteet projektin aloittamiseksi on tehty.



### 5.2.2 Projektin suunnittelu

Aloituskokousta seuraa projektin suunnittelujakso. Projektin suunnitteluun osallistuu koko projektitiimi. Tarkoituksena on löytää projektille optimaalinen suoritustapa siten, että vaaditut vaatimukset lopputuotoksen, laadun, kustannusten ja aikataulun suhteen toteutuu. Kuvassa 21 on esitetty viitemalli projektin etenemisestä suunnitteluvaiheen jälkeen. Projektin loppuosan optimaalinen toteutus kuitenkin vaihtelee projekteittain ja malli tarjoaa projektitiimille mahdollisuuden suunnitella projektin kulun kuhunkin tilanteeseen sopivimmaksi.

Esitetty viitemalli projektin loppuosan etenemisestä perustuu kokonaan uudelle tuotteelle tehtävän testerin toteutukseen. Silloinkin projektitiimin tehtäväksi jää suunnitella esimerkiksi integrointivaiheessa tehtävien julkaisujen sisältö ja lukumäärä. Malli mukautuu erilaisiin tarpeisiin ja kunkin projektin vaatimusten ja reunaehtojen mukaisesti.

Kulloinkin käytettävä toteutusmalli katselmointineen esitetään projektisuunnitelmassa. Suunnitelmassa kuvataan projektin sisältö, laajuus ja reunaehdot. Projektisuunnitelma keskittyy projektin hallinnan kannalta oleellisiin asioihin, tarvittaessa voidaan viitata lähtötietoina oleviin dokumentteihin, kuten teknisen toteutuksen pohjana olevaan testausmäärittelyyn. Projektisuunnitelman aikatauluosuudessa määritellään tärkeimmät työvaiheet ja etapit sekä esitetään suunnitelma integrointivaiheen aikana tehtävien julkaisujen lukumäärästä ja sisällöstä. Henkilöiden roolit ja projektin käytännöt esitellään omissa kappaleissaan. Suunnitelmaa ylläpidetään ja muutetaan tarvittaessa projektin aikana.

Tärkeänä lisäyksenä aiempaan käytäntöön projektisuunnitelman osana on nyt toteutussuunnitelma, jossa määritellään alustakomponenttien ja muiden valmisosien käyttö projektissa. Pienissä projekteissa toteutussuunnitelma voi olla osana projektisuunnitelmaa ja laajemmissa hankkeissa se voi olla erillinen dokumentti. Toteutussuunnitelmassa määritellään kuinka alustaja ja valmisosia aiotaan hyödyntää projektissa ja toisaalta otetaan kantaa siihen, muodostetaanko projektin aikana syntyvistä osista uusia alustakomponentteja. Toteutussuunnitelman tekeminen edellyttää tuotealustavastaavien osallistumista projektisuunnitteluun. Toiminta onkin oleellinen osa tuotealustojen tuotehallintaa.

### 5.2.3 Testerin suunnittelu ja valmistus

Uusi prosessimalli ei tuo mukanaan suuria muutoksia testerin elektroniikan ja mekaniikan suunnittelu- ja valmistusvaiheisiin. Mekaniikka-, elektroniikka- ja layout-suunnittelu etenevät aina tietyssä järjestyksessä. Ohjelmiston suunnittelua ei voida aloittaa ennen kuin elektroniikka-suunnittelu on edennyt riittävän pitkälle. Toimintaa voidaan tehostaa lisäämällä projektiryhmän sisäistä kommunikaatiota esimerkiksi Scrum-tyyppisillä päivittäisellä palaverilla. Tällä lisätään kaikkien projektitiimin jäsenten tietoisuutta projektin tilasta sekä tunnistetaan projektia mahdollisesti uhkaavat riskit. Prosessi tarjoaa suunnittelun tueksi suunnittelusääntöjä, tarkistuslistoja sekä katselmointimenettelyjä.

Valmistusvaihe koostuu materiaalien hankinnasta, osien valmistuksesta ja kokoonpanosta. Osien valmistus tapahtuu alihankintana. Kokoonpanotyötä tehdään sekä alihankintana että omissa tiloissa. Valmistusvaiheen ja alihankinnan koordinoinnin osalta uusi prosessimalli ei muuta aiempia käytäntöjä. Projektisuunnitelmaan on lisätty kohta, jossa hankinnat, osien valmistus

kokoonpano suunnitellaan. Valmistusvaiheen lopuksi suoritetaan katselmointi, jossa arvioidaan suunniteltu ja valmistettu testeri riittävän kypsä siirrettäväksi integrointivaiheeseen. Katselmoinnin pohjana käytetään FAT-tarkistuslistaa.

#### **5.2.4 Integrointivaihe**

Integrointivaiheessa testerin mekaniikka, elektroniikka ja ohjelmisto liitetään yhteen. Testerin osien lisäksi kokonaisuuteen integroituu vielä testattava tuote. Kokonaisuuden toiminta varmistetaan. Uudessa prosessimallissa on kiinnitetty huomiota integroinnin vaiheistukseen. Viitemalli kannustaa jakamaan vaiheen useammaksi julkaisuksi, jotka suunnitellaan etukäteen. Julkaisujen käyttö lisää näkyvyyttä projektin valmiusasteeseen, vähentää riskejä sekä mahdollistaa toiminnallisuuden esittelyn asiakkaalle mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Jokaisen julkaisukierroksen lopuksi tuotokset arvioidaan ja tarkennetaan seuraavan julkaisukierroksen sisältöä. Tulokset voidaan myös esitellä asiakkaalle, jolloin saadaan arvokasta palautetta toiminnasta. Palautteen perusteella voidaan tehdä muutoksia järjestelmään ennen lopullista julkaisua. Muutosten huomioiminen aiemmin säästää kustannuksia ja lisää asiakastyytyväisyyttä.

Välijulkaisujen käyttö edellyttää projektin tuotosten jäädyttämistä versiohallinnan keinoin, jolloin julkaistu tilanne voidaan aina tarvittaessa palauttaa tai esitellä sidosryhmille. Julkaisujen käyttö asettaa projektitiimille selkeät lyhyen aikavälin tavoitteet, jolloin projektin hahmottaminen helpottuu. Julkaisujen lukumäärä ja sisältö ovat projektikohtaisesti määriteltävissä. Joissain tapauksissa testerillä tehtävät testit voidaan jakaa yksinkertaisesti muutamaaan ryhmään ja muodostaa niiden perusteella julkaisut. Joskus testit voivat olla niin vahvasti riippuvaisia toisistaan, ettei kuvattu jako onnistu. Tällöin julkaisut voivat perustua esimerkiksi tiettyihin toiminnallisuuksiin tai eri tuotevarianttien tukemiseen.

Julkaisujen käyttö on keskeinen osa ketteriä kehitysmalleja. Niillä tavoitellaan mahdollisimman aikaista palautteen saamista, reagointikykyä ja riskien hallintaa. Kun huomioidaan testeriprojektien suhteellisen pieni koko, sopiva julkaisumäärä on luokkaa 2-3, jolloin julkaisujakson pituudeksi saadaan 1-2 viikkoa. Projektitiimin halutessa julkaisuissa voidaan käyttää myös aikarajoitettua iteraatiokierrosta. Tällöin julkaisujakson kesto on ennalta tarkasti määritelty. Julkaisujakson pituus asetetaan jakamalla integrointivaiheelle varattu aika useampaan samansuuruiseen tai eri mittaiseen osaan. Tämän jälkeen sovitaan integrointivaiheen työtehtävät jaksoihin. Tarvittaessa jaksojen kestoja säädetään siten, että tehtävät tai toteutettavat toiminnallisuudet saadaan jaoteltua niihin. Menettely auttaa projektitiimiä hahmottamaan eri toiminnallisuuksien ja tehtävien vaatiman työajan. Tällöin mahdolliset riskit ja ongelmat nousevat konkreettisemmin esille.

#### **5.2.5 Verifiointivaihe**

Verifiointissa varmistetaan toteutusvaiheen tuotosten oikeellisuus ja laatu. Verifiointivaiheen sisältö vaihtelee projekteittain, sen toteutus ja sisältö määritellään projektisuunnitelmassa. Vaiheen pohjana käytetään FAT-tarkistuslistaa, joka määrittelee kolme erilaista verifiointimenettelyä:



1. *Vertailumittaukset.* Verrataan testerin tuottamia mittaustuloksia referenssimittalaitteiden antamiin tuloksiin. Tarkoituksena on varmistaa mittaustulosten absoluuttinen oikeellisuus.
2. *Toistettavuus ja uusittavuus.* Tarkoituksena on varmistaa testitulosten yhtenevyys eri ajokertojen ja eri testeriyksilöiden välillä. Tähän voidaan käyttää tilastollisia menetelmiä, kuten Gage R&R.
3. *Vianhakukyky.* Testattaviin tuotteisiin tehdään vikoja ja tarkastellaan kuinka ne löydetään testerillä.

Eri verifiointimenettelyistä tuotetaan erilliset raportit, joihin viitataan FAT-tarkistuslistassa. Joissain projekteissa tietty verifiointitapa voi olla asiakasvaatimuksena, jolloin sitä luonnollisesti noudatetaan ja täydennetään tarvittaessa Espotelin omilla verifioinneilla. Verifiointivaiheen tarkoituksena on osoittaa, että testeri on siirrettävissä tuotantoon. Mikäli puutteita tai korjattavaa löytyy, projekti palautuu suunnittelu- tai integrointivaiheisiin, joissa ongelmat korjataan. Puutteiden korjaaminen ja verifiointi erotetaan omiksi työvaiheikseen ja verifioitavaksi voidaan ottaa vain jäädytetty versio (julkaisukanditaatti) testeristä. Verifiointilla pyritään löytämään mahdolliset ongelmakohdat testeristä ennen sen siirtämistä tuotantoon, jonka jälkeen puutteiden korjaaminen on hankalaa ja kallista.

### 5.2.6 Toteutusvaiheen lopetus ja mittaaminen

Toteutusvaiheen viimeinen osa on päätöskokous, jossa projektitiimi käy läpi projektin kulun. Kokouksen ensisijaisena tarkoituksena on saattaa projektin aikana tehdyt havainnot ja mahdolliset parannusehdotukset kaikkien tietoon sekä oppia projektin aikana tehdyistä virheistä. Projekti tuottaa loppuraportin, johon tehdyt havainnot kirjataan. Loppuraportti sisältää myös projektin tärkeimmät tunnusluvut kuten suunnitellut ja toteutuneet työmäärät sekä projektin keston. Liiketoimintayksikön johtoryhmä käsittelee päättäneiden projektien loppuraportit ja niistä kerätyjä tunnuslukuja voidaan käyttää prosessin ja koko osaston kyvykkyyden mittaamiseen.

Toteutusvaiheen tehostaminen on tämän prosessikehityshankkeen keskeisin tavoite. Tehostamistavoitteen onnistumista halutaan mitata ja siksi loppuraportointi on asetettu koskemaan nimenomaan toteutusvaihetta. Toinen vaihtoehto olisi projektin kaikkia kolmea vaihetta käsittelevä loppuraportointi käyttöönottovaiheen jälkeen. Tällä hetkellä suurin seuranta- ja kehitystarve kohdistuu kuitenkin toteutusvaiheeseen, joten mittaristo asetettiin seuraamaan pelkästään tätä yhtä vaihetta. Tällöin mittaustuloksia saadaan nopeasti, sillä toteutusvaiheen tavoitekesto on vain joidenkin kuukausien mittainen. Palautetta uuden prosessin oleellisimman kohdan toiminnasta pitäisi siis tulla nopeasti ja prosessia hienosäätää sen mukaan lyhyellä vasteajalla. Koko prosessia mitattaessa ensimmäisiä tuloksia jouduttaisiin odottamaan jopa vuosi. Myöhemmin prosessiin voidaan asettaa lisämittareita, mutta tässä vaiheessa nähtiin tarkoituksenmukaiseksi saada ensin yksi mittaristo toimimaan kunnolla.

### 5.3 Yhteenveto

Tässä luvussa esiteltiin testerikehityksen uusi prosessimalli. Alkuperäisessä tehtävänannossa esitettiin neljä kehityskohdetta, joihin esitelty malli pyrkii vastaamaan. Tässä työssä kuvattu malli sisältää piirteitä useista kirjallisuudessa esitetyistä prosessimalleista. Esitellyn prosessin perustana Cooperin Stage-gate-malli, jota on sovellettu testerikehitykseen jättämällä siitä pois soveltumattomia osia. Uusi testerisuunnitteluprosessi koostuu kolmesta päävaiheesta ja niiden välisistä tarkastuspisteistä. Luvussa esiteltiin eri vaiheet ja tarkastuspisteet. Toteutusvaihe on työmäärältään suurin ja kokonaisprojektin onnistumisen kannalta tärkein vaihe. Prosessikehityksessä keskityttiin erityisesti toteutusvaiheeseen, jonka yksityiskohdat esiteltiin tässä luvussa. Prosessin toiminnan seuraamiseksi tarvitaan mittareita. Koska toteutusvaihe on tärkein testeriprojektin osa, päätettiin aluksi mitata sen toimintaa. Toteutusvaihe tuottaa loppuraportin, jonka tunnuslukuja voidaan käyttää prosessin kyvykkyyden mittaamiseen. Myöhemmässä vaiheessa prosessiin voidaan lisätä muita mittareita.

Uudessa prosessimallissa projektin suunnittelu on tärkeässä roolissa. Suunnitteluun osallistuu koko tiimi. Projektisuunnittelu edellyttää projektitiimin jäseniltä kokemusta erilaisista projekteista, prosessimalleista sekä rohkeutta muuttaa totuttuja käytäntöjä. Tätä voidaan tukea järjestämällä henkilöstölle prosessimalleja ja niiden soveltamista käsittelevää koulutusta. Prosessi tarjoaa projektitiimin tueksi työkaluja kulloinkin tarvittavien käytäntöjen ottamiseksi käyttöön. Konkreettisesti näitä työkaluja ovat esimerkiksi dokumenttipohjat ja tarkistuslistat, joita voidaan hyödyntää katselmoinneissa. Prosessi sinänsä ei pakota järjestämään katselmointoja tai käyttämään mitään työkaluja projektin etenemiseen ja laadun varmistamiseen. Työkalujen käytöstä päättäminen ja niiden soveltaminen on projektitiimin vastuulla. Mikäli projektitiimi katsoo, että tietty katselmointi on tarpeen kyseisessä projektissa, prosessi tarjoaa siihen mahdollisimman hyvät käytännöt. Suunnitteluvaihe voidaan tarpeen mukaan uusina projektin aikana, mikäli projektin aikana tapahtuu muutoksia vaatimuksissa tai projektin eteneminen ei vastaa suunnitelmaa. Projektisuunnittelun ajatusmalli on osittain samantyyppinen kuin Scrum-prosessissa, jossa koko kehitystiimi osallistuu määrävlein tehtävään projektisuunnitteluun. Scrumista poiketen kiinteäkestoisia iteraatioita ei nähty tarkoituksenmukaiseksi testeriprojekteissa. Suunnitteluvaiheen alkupää on rautariippuvaista ja vesiputousmaisesti etenevää, eikä iteraatioajattelu sovellu siihen. Projektitiimi voi halutessaan hyödyntää Scrum-tyyppisiä iteraatioita integrointivaiheessa, mutta niiden käyttö edellyttää, että toteutettava projekti on kooltaan riittävän suuri. Myös Scrumin päivittäinen palaverikäytäntö on sellaisenaan sovellettavissa testeriprojekteihin.

Uusi prosessimalli mahdollistaa teoriassa eri projektitiimien käytön projektin kolmessa eri vaiheessa. Kunkin osaprojektin projektipäällikkö toimisi silloin edellisen vaiheen portin hyväksyjänä. Ajattelumalli kuvastaa hyvin porttien toimintaa, esimerkiksi käyttöönottovaiheen projektipäällikkö on selkeä kriteeristö, jota vastaan hän voi arvioida toteutusvaiheen tuottaman testerin valmiustasoa. Käyttöönottoprojektin onnistuminen on täysin riippuvainen edellisen vaiheen tuotoksesta, jolloin portinvartijana toimivalla projektipäällikkö on vahva intressi valvoa kriteerien täyttymistä. TGI-portin kriteeristöä voidaan käyttää myös keskusteltaessa asiakkaiden kanssa toteutusvaiheen aloittamisesta. Kriteereiden avulla voidaan selkeästi osoittaa asiakkaalle, mitä vaatimuksia toteutuksen aloittamiselle on. Mikäli vaihe päätetään aloittaa vajailla tiedoilla, kriteerien avulla voidaan sopia mahdollisten riskien jakamisesta projektin kohdatessa ongelmia.



## 6 Uuden prosessimallin käyttöönotto

Tässä luvussa käsitellään uuden prosessimallin käyttöönottoa. Uusi prosessimalli otettiin pilottikäyttöön kahdessa projektissa elo-syyskuussa 2009. Prosessi esiteltiin pilottiprojektien tiimeille sekä kaikille projektipäälliköille. Esittelyn aikana käyty keskustelu ja palaute uudesta prosessimallista tallennettiin myöhempää analysointia varten. Analysoinnin tulokset esitellään tässä luvussa. Prosessin käyttöönoton jälkeen tehtiin lisäksi kyselytutkimus, jonka tulokset kuvataan tässä luvussa. Luvun lopussa tehdään yhteenveto esittelytilaisuuksissa ja kyselyn kautta saadusta palautteesta.

### 6.1 Prosessimallin esittely projektitiimeille

Uusi prosessimalli päätettiin ottaa aluksi käyttöön kahdessa pilottiprojektissa ja laajentaa sen käyttöä myöhemmin sitä mukaa kun uusia projekteja aloitetaan. Pilottiprojekteista saadun palautteen perusteella prosessimallia voidaan hienosäätää. Prosessi esiteltiin kahdelle projektiryhmälle. Esittelyt tehtiin kummallekin ryhmälle erikseen, koska haluttiin saada aikaan keskustelua ja pohdintaa prosessin soveltuvuudesta juuri kyseiseen projektiin. Ajatuksena oli myös, että palaute projektitiimiltä olisi hyvin konkreettista, jos heidän pitää välittömästi pystyä soveltamaan uutta toimintamallia omaan projektiinsä. Mikäli prosessi esiteltäisiin koko osastolle kerralla, voisi keskustelu ja palaute jäädä yleisemmälle tasolle. Ne henkilöt joiden projekteihin uusi prosessi ei välittömästi vaikuta, eivät välttämättä anna yhtä konkreettista palautetta kuin prosessia välittömästi tarvitsevat henkilöt. Kouluttautuminen uuden prosessimallin käyttöön on tehokkainta, silloin kun sen käyttö on ajankohtaista omassa projektissa. Niinpä uuden prosessimallin käyttöönotossa päätettiin edetä projektitiimikohtaisilla koulutuksilla, joita jatketaan myös pilottiprojektien jälkeen käynnistyvissä hankkeissa. Myöhemmässä vaiheessa pilottiprojekteissa toimivat henkilöt, joille uusi prosessi on jo tuttu, jakautuvat muihin projekteihin ja toimivat niissä muutosagenteina.

Esittelytilaisuuksien alussa kuvattiin lyhyesti prosessikehittämisen lähtötilanne ja kehitystyön tavoitteet. Uusi prosessimalli käytiin läpi vaihe vaiheelta. Erityistä huomiota kiinnitettiin projektin pilkkomiseen kolmeksi aliprojektiksi sekä toteutusvaiheen suunnitteluun ja projektitiimin panokseen projektisuunnittelussa. Perusteluna projektien pilkkomiselle esiteltiin projektien analysoinnissa saadut tulokset testeriprojektien pitkästä kestosta ja suuresta lukumäärästä. Projektisuunnittelua havainnollistettiin käytännön esimerkein siitä kuinka suunnittelupalaverit ja projektisuunnitelman laatiminen järjestetään. Prosessimallin porttien kriteeristö käytiin läpi ja pyydettiin käyttäjiä kiinnittämään huomioita kriteerien osuvuuteen omissa projekteissaan. Esittelyn jälkeen prosessimallin kuvaus sekä malliin liittyvät dokumentit annettiin projektitiimien käyttöön. Käyttöönottovaiheen alussa kaikkia dokumenttipohjia ja toteutusvaiheen mittaristoa ei ollut vielä olemassa, ne sovittiin tehtäväksi pilottiprojektien yhteydessä.

## 6.2 Uuden prosessimallin hyödyntäminen

Kummankin pilottiprojektin projektitiimit arvioivat uuden prosessimallin soveltuvan hyvin käytettäväksi omissa projekteissaan. Toteutusvaiheen aloituksen selkeyttämistä pidettiin tärkeänä muutoksena aiempaan käytäntöön. Ryhmätyönä tehtävää projektisuunnittelua pidettiin niin ikään hyvänä parannuksena. Projektisuunnittelulle uskottiin löytyvän aikaa, mikäli sitä pidetään aidosti tärkeänä työvaiheena. Tässä nostettiin esiin yrityksen ja liiketoimintayksikön johdon sitoutuminen uuteen toimintatapaan.

Toinen pilottiprojekteista oli jo käynnistynyt ja se oli edennyt toteutusvaiheeseen. Tästä huolimatta uutta prosessimallia päätettiin hyödyntää projektissa soveltuvien osien. Kyseisessä projektissa toteutusvaiheen suunnittelua oli tehty osittain tiimityönä, vaikka varsinaista kokoavaa suunnittelukokousta ei oltu pidetty. Projektipäällikkö oli tehnyt ensin alustavan projektisuunnitelman aikatauluineen. Suunnitelman yksityiskohtia oli sen jälkeen käyty läpi tiimin jäsenten kanssa, jonka jälkeen projektipäällikkö oli viimeistellyt suunnitelman keräämänsä palautteen perusteella. Lopuksi suunnitelma oli esitelty asiakkaalle aloituspalaverissa. Uuden prosessimallin mukaisesti toimittaessa projektin suunnittelu olisi tehty aidosti ryhmätyönä ja se olisi käyty läpi yhteisessä suunnittelupalaverissa. Näin toimittaessa työ olisi tehokkaampaa kun tiimin kaikkien jäsenten tietämys oli yhtä aikaa käytettävissä ja kaikki näkökulmat tulisivat kerralla huomioiduiksi. Projektisuunnitelman läpikäynti asiakkaan kanssa toteutusvaiheen alussa on hyvä idea ja sen lisäämistä uuteen prosessimalliin voisi jatkossa harkita.

Julkaisujen suunnittelusta keskusteltiin ja pohdittiin erilaisia malleja julkaisujen tekoon. Todettiin, että julkaisujen sisällön määrittelyssä on tekijä- ja projektikohtaisia eroja. Sama malli ei sovellu kaikkiin projekteihin. Joissain tapauksissa määrittelydokumentissa kuvatut testiaskeleet voidaan suoraan jakaa julkaisuiksi. Joskus taas testiaskeleet sisältävät keskinäisiä riippuvuuksia, jolloin suora jako ei onnistu. Tämä voi olla myös ollen merkki huonosta määrittelystä tai arkkitehtuurista. Joskus julkaisu on järkevintä suunnitella riskien perusteella siten, että hankalimmat ja eniten riskejä sisältävät osuudet sisällytetään ensimmäisiin julkaisuihin. Uudessa prosessimallissa julkaisujen suunnittelu ja kulloinkin käytettävän mallin valinta tehdään projektikohtaisesti. Kummallekin pilottiprojektille pohdittiin mahdollisia julkaisumalleja, mutta varsinaisten julkaisusuunnitelmien tekeminen ja päätökset parhaiten soveltuvista malleista jätettiin projektien vastuulle.

### 6.2.1 TG1-kriteeristön pilotointi

TG1-kriteeristön toimivuutta päätettiin kokeilla jo käynnistyneessä pilottiprojektissa jälkikäteen. Vaikka projekti olikin jo edennyt toteutusvaiheeseen eli uuden prosessimallin TG1-portin yli, oli silti mielenkiintoista nähdä kuinka hyvin TG1-kriteeristö soveltuu toteutusvaiheen aloituskypsyden arviointiin. Pilottiprojektin TG1-arvioinnin tulokset on esitetty liitteessä G.

Projektipäällikkö keräsi tarvittavat lähtötiedot TG1-tilukoon. Tämän jälkeen projektipäällikkö ja liiketoimintayksikön johtaja arvioivat projektin kypsyystason annettujen kriteereiden ja kerättyjen lähtötietojen perusteella. Arvioinnin tulos oli negatiivinen ja sen perusteella jo käynnistetty toteutusvaihe päätettiin keskeyttää, kunnes riittävä kypsyystaso on saavutettu. Tärkeimpänä syynä tulokseen oli testattavan tuotteen keskeneräisyys, lopullista dokumentaatiota ei ollut saatavilla ja lisäksi tuotekehitystiimin mielestä tuote ei ollut vielä valmis.



Pilottiprojektin TG1-arviointia tehdessään projektipäällikkö oli lisännyt alkuperäiseen TG1-taulukkoon riskisarakkeen, jonka avulla voidaan arvioida eri tekijöiden vaikutuksen suuruutta. Mikäli jokin kriteereistä ei täyty, sen aiheuttaman riskin suuruus voidaan arvioida samantien. Tietoa eri tekijöiden ja riskien vaikutuksesta voidaan hyödyntää kun arvioidaan projektin kypsyystasoa kokonaisuutena. Riskisarake todettiin käyttökelpoiseksi ja se päätettiin ottaa käyttöön kaikissa porteissa (TG1-TG3). Jokaisen kohteen riskitason voi valita kolmesta vaihtoehdosta: matala (Low), keskinkertainen (Medium) ja korkea (High).

Kokemukset TG1-kriteeristön käytöstä pilottiprojektissa olivat positiivisia. Projektipäällikön mielestä taulukko oli helppo täyttää ja kysymykset olivat ymmärrettäviä. Liiketoimintayksikön johtaja ja projektipäällikkö totesivat TG1-kriteeristön soveltuvan erinomaisesti projektin arviointiin. Tarvittaessa taulukko ja sen tulokset voidaan esitellä myös asiakkaalle tai muille sidosryhmille.

### **6.2.2 Kritiikki ja kehitysehdotukset**

Esittelytilaisuuksissa käytiin keskustelua käyttöönottovaiheen kattavammasta määrittelystä. Vaikka käyttöönottovaiheen tarkempi määrittely rajattiinkin tämän diplomityön ulkopuolelle, on sen kehittämiseksi selvästi tarvetta. Suunnittelijoiden mielestä vaiheen toimitussisältöä ei ole määritelty riittävän yksityiskohtaisesti. Avuksi kaivattiin selkeää listaa käyttöönottovaiheen aikana suoritettavista tehtävistä. Työ- ja tarkistuslistojen avulla käyttöönoton sisältö ja aikataulu voitaisiin käydä heti aluksi läpi asiakkaan ja tehtaan edustajien kanssa.

Toteutusvaiheen reunaehdot muotoutuvat osittain jo myynti ja määrittelyvaiheiden aikana. Projektiryhmän todellisia vaikutusmahdollisuuksia aikatauluun ja budjettiin pidettiin vähäisinä, koska ne on yleensä sovittu jo aiemmin. Kritiikki on aiheellista, mutta toisaalta koko projektiryhmää ei voida pitää mukana myyntivaiheen aikana. Projektien myyntiin liittyy aina joukko riskejä, joita ei voida kokonaan kiertää. Myyntivaiheen aikana käydään keskusteluja projektipäälliköiden ja suunnittelijoiden kanssa sekä kerätään tietoa aikataulu ja kustannussuunnittelun pohjaksi. Tarjouksissa käytetystä riskitasosta päättää yksikön johtoryhmä, joka käy tarjoukset läpi ennen niiden lähettämistä asiakkaille. Uudessa prosessimallissa projektitiimi tekee toteutusvaiheen projektisuunnitelman annettujen reunaehtojen puitteissa. Mikäli tässä vaiheessa huomataan, että budjetti tai aikataulu ovat epärealistisia, voidaan käynnistää uudet neuvottelut projektin sisällöstä. Tällöin on kyse epäonnistuneesta myyntityöstä. Sopimuksista riippuen toteutuneen riskin kantaa joko asiakas tai toimittaja. Uutta prosessimallia käytettäessä ongelmat saadaan esiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin muutosten tekeminen on vielä mahdollista ja mahdolliset vahingot voidaan minimoida.

Keskusteluissa ideoitiin myös järjestelmällistä palautteen keräämistä projektitiimeiltä projektien päättyttyä. Asiakkaille tehdään jo nykyisin projektityytyväisyyskysely projektien päättyessä. Projektitiimille tehtävä kysely muodostaisi asiakaskyselyn kanssa parin, jonka avulla projektin onnistumista voitaisiin arvioida nykyistä laajemmin. Molempien kyselyjen tuloksia vertailemalla voitaisiin arvioida mm. myyntityön onnistumista ja antaa palautetta myyjille. Projektitiimille tehtävä kysely auttaisi myös projektissa käytettyjen työmenetelmien arvioinnissa. Kyselyn perusteella voitaisiin antaa palautetta myös asiakkaalle. Kysely voitaisiin toteuttaa helposti jo

käytössä olevaa www-pohjaista järjestelmää hyödyntäen. Kyselyitä varten tulisi tehdä geneerinen kyselylomake, jota kaikki projektit voisivat käyttää. Menetelmän heikkoutena on että, vaikka kyselyyn vastattaisiin nimettömänä, pienissä projekteissa anonymitteetti ei aina toteudu.

### 6.3 Kyselyn avulla kerätty palaute

Noin kolme viikkoa prosessimallin esittelyn ja käyttöönoton jälkeen tehtiin pilottiprojektien projektiryhmille ja kaikille testeriprojekteissa toimiville projektipäälliköille kysely, jonka avulla pyrittiin selvittämään prosessikehityksen ja käyttöönoton onnistumista. Kysely toteutettiin liitteessä H esitetyllä web-lomakkeella. Kyselyn alussa selvitettiin vastaajan tausta, valittavina olivat vaihtoehdot: projektipäällikkö, suunnittelija, muu. Kyselyssä oli 7 monivalintakysymystä ja 4 avointa kysymystä. Monivalintakysymyksiin vastattiin 5-portiasella asteikolla; 1 = EI ... 5 = KYLLÄ.

Kysely lähetettiin 8 henkilölle ja vastauksia saatiin 6. Vastausten perusteella uuteen prosessimalliin ja sen käyttöönottoon oltiin tyytyväisiä. Kaikki vastaajat uskoivat uuden prosessimallin tehostavan testerikehitystä (4: 2 kpl ja 5: 4 kpl). Kahden vastaajan mielestä uusi prosessimalli ei vaikuta lainkaan heidän toimintaansa testeriprojekteissa (1: 2 kpl). Loput neljä uskoivat, että prosessimalli vaikuttaa merkittävästi heidän toimintaansa projekteissa (4: 3 kpl ja 5: 1 kpl). Tulos on yllättävä, sillä uuden prosessimallin ajatuksena on osallistuttaa koko projektitiimi entistä tiiviimmin projektin suunnitteluun. Uuden prosessimallin myötä kaikkien tiimin jäsenten toimenkuvaan tulee mukaan oleellisena osana ryhmätyönä tehtävä projektisuunnittelu. Kaikkien osallistuessa suunnitteluun, vaikuttaa se vääjäämättä myös toteutusvaiheen loppuosaan. Vaikuttaisi siltä, että prosessimallin läpikäyntiä tarvitaan vielä, jotta perusidea kirkastuisi kaikille. Vaikka kaikki uskovat prosessin tehostavan toimintaa, niin osa ei ilmeisesti usko, että tehostuminen liittyisi millään tavoin heidän omiin työtehtäviinsä. Tämä ei pidä paikkaansa, sillä kokonaisuuden tehostamiseksi kaikkien osatekijöiden on kohennettava toimintaansa.

Kaikki vastaajat uskovat uuden prosessin edesauttavan aikataulujen pitävyyttä (3: 1 kpl, 4: 4 kpl ja 5: 1 kpl). Kustannusarvioiden pitävyyden arvioidaan myös kohenevan (3: 1 kpl, 4: 5 kpl). Kun tiedusteltiin, saadaanko uusi prosessimalli tehokkaasti käyttöön seuraavan 6 kuukauden sisällä, saatiin sen sijaan yksi kriittinenkin vastaus (2: 1 kpl). Muut vastaajat arvioivat käyttöönoton sujuvan paremmin (4: 4 kpl ja 5: 1 kpl). Hiukan kriittisempiä vastauksia saatiin kysymykseen uuden prosessimallin käyttöön tarvittavan koulutuksen riittävydestä (2: 1 kpl, 3: 3 kpl, 4: 1 kpl ja 5: 1 kpl). Kaikki vastaajat kokivat uuden prosessimallin mielekkääksi oman työnsä kannalta (4: 3 kpl ja 5: 3 kpl).

Kahdella ensimmäisellä avoimella kysymyksellä pyrittiin selvittämään uuden prosessimallin hyviä ja huonoja puolia. Vastaukset osoittavat selvästi, että uutta toimintatapaa ei oltu vielä päästy kokeilemaan kunnolla. Yhdessä vastauksessa pelättiin, että prosessi tuo mukanaan byrokratiaa, joka ei sovellu pieniin projekteihin. Toisaalta useimmissa vastauksissa todettiin uuden prosessimallin olevan joustava ja kevyempi kuin aiemmin. Porttien vähentämisen arveltiin edesauttavan prosessimallin käyttöä projekteissa. Yhdessä vastauksessa todettiin, että aikataulujen venymisen taustalla on yleensä 2-3 ongelmaa ja kysyttiin, kuinka prosessimalli vastaa ongelmanratkaisuun ja siihen käytettävään aikaan. Uudessa mallissa toteutusvaiheen ongelmanratkaisua pyritään nopeuttamaan suunnittelutiimin paremmalla sisäisellä kommunikoinnilla ja tiimin



jäsenten yhteistyöllä integrointivaiheessa. Uuden prosessimallin arvioitiin selkeyttävän toimintaa. Toteutusvaiheen hallitumpaa aloittamista ja projektin loppuvaiheen selkeyttämistä pidettiin merkittävinä uudistuksina entiseen käytäntöön verrattuna.

Kolmas avoin kysymys käsitteli prosessimallin jatkokehitystä ja mallin mahdollisia puutteita. Kolmessa vastauksessa toivottiin dokumenttipohjien jatkokehitystä. Tarvittavat pohjien kehitystyöt on identifioitu ja niitä on tarkoitus kehittää projektien tarpeiden mukaisesti. Yhdessä vastauksessa toivottiin, että suunnittelijat pääsisivät entistä paremmin vaikuttamaan projektin toteutustapaan ja projektin alkuvaiheessa. On vaikea sanoa, viitataanko vastauksessa esimerkiksi projektin myyntivaiheeseen vai määrittely- tai toteutusvaiheisiin. Uuden prosessimallin perusajatus on nimenomaan lisätä suunnittelijoiden vaikutusmahdollisuuksia projektin suunnitteluun sen alkuvaiheessa. Jos vastaaja viittasi tähän, hän ei ole vielä käyttänyt uutta mallia.

Prosessin kontrollointi nousi esiin yhdessä vastauksessa. Ehdotettiin, että projektilla tulisi olla jokin intressi (esim. raha) hyväksyttää etapit. Huomio on aiheellinen ja uuden prosessimallin suorituskyvyn mittaamista tulisikin kehittää. Nyt malli itsessään tarjoaa mittarit toteutusvaiheen onnistumiselle, sopiva mittaristo tulisi liittää myös muihin vaiheisiin ja kokonaisprojektiin. Toteutusvaiheen loppuraportissa arvioidaan projektin kestoa sekä työmäärä- ja kustannusarvioiden pitävyyttä. Testeriosaston johtoryhmän tulisi asettaa näille mittareille tavoitearvot. Periaatteessa mittareiden tavoitearvoihin voitaisiin liittää rahallisia kannustimia. Projektien vertailu keskenään on kuitenkin haasteellista ja mittareiden liian suoraviivainen käyttö vertailuissa voi johtaa väärin johtopäätöksiin.

Yhdessä vastauksessa kaivattiin lisätukea ja pureutumista integrointivaiheeseen. Prosessi kuvaa integrointivaiheen tavoitteet. Se kuinka tavoitteisiin päästään on osa projektikohtaista suunnittelua, jota ei ole tarkoituksenmukaista määritellä tiukasti prosessimallissa. Asiaa voisi käsitellä enemmän prosessimallin käyttöön liittyvässä koulutuksessa tai yksittäisten projektien suunnittelukokouksissa, jolloin koko projektitiimille saataisiin muodostettua yhteinen näkemys integroinnin tavoitteista. Yhdessä vastauksessa peräänkuulutettiin hyväksyntäprosessia, jossa sovittaisiin asiakkaan kanssa hyväksynnän kattavuus projektin alussa. Kommentti on aiheellinen. Prosessimalli tarjoaa nyt hyväksyntäkriteeristön kunkin kolmen päävaiheen loppuun. TG2-kriteeristön osana on FAT-hyväksyntälista ja vastaavasti TG3:n osana on SAT-hyväksyntälista. Molemmat sisältävät vakiomuodossaan Espotelin minimikriteeristön hyväksynnöille. Näiden lisäksi projekteilla voi olla asiakaskohtaisia lisäkriteerejä, jotka sisällytetään FAT- ja SAT-hyväksyntöihin. Nämä asiakas- tai projektikohtaiset kriteerit olisi hyvä selvittää ennen toteutus- ja käyttöönottovaiheiden aloittamista. Sopiva paikka kriteereiden selvittämiselle olisi määrittelyvaihe. Tällöin TG1-portissa voitaisiin varmistaa, että kriteerit on käyty läpi asiakkaan kanssa.

Kyselyn lopuksi pyydettiin vielä kommentoimaan testeriprosessin kehitystä vapaasti. Vastauksista näkyi selvästi positiivinen suhtautuminen uuteen prosessimalliin. Uutta mallia pidettiin tarpeellisenä, koska testerikehityksen tarpeet poikkeavat tuotekehityksestä. Vastauksissa todettiin uuden prosessimallin olevan hyvä alku ja toivottiin, että kehitys jatkuu.

## 6.4 Yhteenveto

Tässä luvussa kuvattiin uuden testeriprosessin käyttöönotto. Prosessikehityksen onnistumisesta kerättiin palautetta esittelytilaisuuksissa ja myöhemmin www-pohjaisella kyselyllä. Molemmilla menetelmillä kerätty palaute esiteltiin tässä luvussa. Saadun palautteen perusteella testeriprosessin kehittäminen on onnistunut hyvin. On kuitenkin huomattava, että palaute kerättiin heti prosessin esittelyn ja käyttöönoton jälkeen. Prosessimallin kaikkia osia ei ole ehditty vielä kokeilla, niinpä johtopäätösten teko on vielä liian aikaista. Kehitystyön onnistumista kokonaisuutena voidaan arvioida paremmin vasta kun pilottiprojektit valmistuvat. Toisaalta prosessimallin käytöstä kerättyä palautetta voidaan hyödyntää jatkuvasti ja mallin yksityiskohtia voidaan hioa jo matkan varrella paremmiksi.

Pilottiprojektien projektitiimit ottivat uuden prosessimallin innolla vastaan. Positiivista suhtautumista edesauttoi se, että monet pilottitiimien jänistä ovat osallistuneet prosessikehitykseen sen eri vaiheissa. Vaikutusmahdollisuudet prosessin jatkokehitykseen toimivat tärkeänä motivaatiotekijänä pilottitiimien jäsenille. Palautteen perusteella toteutusvaiheen projektisuunnittelua ja ryhmätyötä korostavaan lähestymistapaan oltiin tyytyväisiä. Uuden prosessimallin uskottiin tehostavan testeriprojekteja sekä parantavan aikataulu- ja kustannusarvioiden pitävyyttä. Ensimmäisessä pilottiprojektissa ehdittiin kokeilla TG1-kriteeristön toimivuutta ja sen todettiin soveltuvan hyvin toteutusvaiheen aloittamisen arviointiin. Pilotoinnin yhteydessä TG-kriteeristöön lisättiin riskisarake helpottamaan eri tekijöiden vaikutusten arviointia.

Suunnittelijat ja projektipäälliköt kaipasivat konkreettisia työkaluja projektien läpiviemiseen. Osa näistä on jo tiimien käytettävissä ja osittain niitä tullaan kehittämään pilottiprojektien aikana. Projektitiimien kesken sovittiin työnjako ja vastuuhenkilöt mm. eri dokumenttipohjille. Palautteen perusteella projektin alussa tulisi sopia asiakkaan kanssa entistä tarkemmin hyväksyntävaatimukset ja käyttöönoton toimitussisältö. Näille tulisi lisätä tarkistukset TG1- ja TG2-kriteeristöihin. Lisäksi toteutusvaiheen alkuun voitaisiin lisätä projektisuunnitelman läpikäynti asiakkaan kanssa.

Määrittely- ja erityisesti käyttöönottovaiheiden tarkemmille kuvauksille havaittiin selkeä tarve. Tämä on tyypillistä prosessikehitykselle, kun prosessin jokin osa-alue (tässä toteutusvaihe) saadaan entistä parempaan kuntoon, sen viereisiin osiin kohdistuu automaattisesti kehittämisspainetta. Esittelytilaisuuksissa ideoitiin myös säännöllistä projektitiimeille kohdistettua projektityytyväisyyskyselyä. Tämä kysely yhdessä asiakastytyväisyyskyselyn kanssa auttaisi arvioimaan projektien onnistumista nykyistä laajemmin.



## 7 Johtopäätökset

Tässä luvussa esitetään yhteenveto testerisuunnitteluprosessin kehittämisestä. Luvun alussa palautetaan mieleen tutkimuksen lähtökohdat ja tavoitteet. Kehitystyön kulku ja tutkimuksen lopputulokset esitellään. Tulosten raportoinnin jälkeen arvioidaan työn onnistumista ja pohditaan jatkokehityskohteita.

### 7.1 Tutkimustulokset

Tämän diplomityön tarkoituksena oli kehittää Espotel Oy:n testerisuunnitteluprosessia. Työn alussa esiteltiin testeriprosessikehityksen lähtötilanne. Testausjärjestelmiin keskittyvän liiketoimintayksikön tuotteet, palvelut, asiakkaat, organisaatio sekä käytössä ollut prosessimalli esiteltiin. Liiketoiminnan kehittyminen nykyiseen muotoonsa sekä tarpeet toiminnan kehittämiseksi käytiin läpi. Lähtötietojen perusteella tärkeimmiksi kehityskohteiksi valittiin tehokkuuden parantaminen, prosessimallin käytettävyyden parantaminen, asiakastyytyväisyyden parantaminen ja henkilöstötyytyväisyyden parantaminen.

Luvussa 3 perehdyttiin tarkemmin käytössä olevan toimintamallin ongelmakohtiin tutkimalla tehtyjä projekteja. Tutkimuksen perusteella havaittiin, että käynnissä olevien projektien lukumäärä on erittäin suuri suhteessa yksikön henkilömäärään. Todettiin, että testerikehityksen prosessimallin tulisi integroitua mahdollisimman hyvin erilaisiin tuotekehitysprosesseihin, mallia ei voida kehittää pelkästään Espotelin omaa tuotekehitysprosessia silmällä pitäen. Projektit luokiteltiin niiden lopputuloksen ja sisällön mukaisiin ryhmiin. Luokittelun perusteella osa projektityypeistä rajattiin tämän diplomityön ulkopuolelle. Kehityskohteiksi valittiin uusien testereiden suunnittelu sekä päivitys- ja konseptisuunnitteluprojektit, jotka edustavat yhteensä yli 80 % kaikista projekteista. Nämä projektityypit ovat samankaltaisia keskenään ja niitä varten voidaan suunnitella yhteinen prosessimalli. Luvussa käytiin läpi esimerkkiprojekti, jonka tärkeimmät työvaiheet esiteltiin. Esimerkkiprojektin toteuma ja ongelmakohdat käytiin läpi. Projektianalyysin tuloksia verrattiin projektipäälliköiden kokemuksiin muista projekteista. Kokemuksia vertailemalla löydettiin joukko testeriprojekteille tyypillisiä piirteitä, jotka tulee huomioida prosessikehityksessä. Löydetty ominaispiirteet ovat: tuotealustojen käyttö, riippuvuus tuotekehitysprojekteista ja projektien pitkä kesto suhteessa työmäärään.

Luvussa 4 tarkasteltiin kirjallisuudesta haettujen prosessimallien soveltuvuutta testerikehitykseen. Aluksi esiteltiin edellisten lukujen perusteella kerätyt vaatimukset testerisuunnitteluprosessille. Kirjallisuudesta haetuista prosessimalleista esiteltiin testerisuunnittelun näkökulmasta kiinnostavimmat ja pohdittiin niiden soveltuvuutta testerikehitykseen. Kirjallisuudesta löydetty prosessit jaettiin kahteen pääryhmään; suunnitelmavetoisiin ja ketteriin malleihin. Testeriprojekteja arvioitiin Boehmin ja Turnerin kehittämällä arviointimenetelmällä, jonka perusteella havaittiin, että suunnitelmavetoiset mallit soveltuvat parhaiten testeriprojekteihin. Boehmin ja Turnerin mukaan prosessimallin valintaa ei pidä kuitenkaan tehdä yksioikoisesti, vaan pikemminkin räättelöidä olemassa olevia malleja hyödyntäen omaan käyttötarkoitukseen sopiva malli. Luvun lopussa esitettiin yhteenveto eri prosessimallien soveltuvuudesta testerikehitykseen. Vertailun perusteella todettiin, että yksikään esitetystä malleista ei vastaa täysin testerisuunnittelun

vaatimuksiin. Tarkastelun perusteella tehtiin johtopäätös, että testerikehitykselle tarvitaan oma prosessimalli, jossa voidaan hyödyntää soveltuvia osia esitellyistä malleista.

Testerikehityksen uusi prosessimalli esiteltiin luvussa 5. Esitellyn prosessin perustana on Cooperin Stage-gate-malli, jota on sovellettu testerikehitykseen. Stage-Gate-mallin käyttöön päädyttiin luvussa 4 tehdyn soveltuvuusvertailun perusteella. Uudessa testerisuunnitteluprosessissa projekti jaettiin kolmeen päävaiheeseen. Vaiheiden lopussa on tarkistuspisteet, joiden avulla minimoidaan riskit ennen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen. Vaihejaon perusteena on tärkeä havainto projektien työmäärän ja ajankäytön jakaantumisesta eri vaiheiden kesken. Testeriprojektien määrittely- ja käyttöönottovaiheet ovat kestoltaan pitkiä ja ne ovat tiukasti riippuvaisia ulkoisista tekijöistä. Toisaalta havaittiin, että toteutusvaihe on riippumattomampi ulkoisista tekijöistä ja se voidaan eristää ja tiivistää tehokkaaksi osaprojektiksi. Uudessa prosessimallissa toteutusvaihe päätettiin eristää projektin muista vaiheista, jolloin sitä voidaan ohjata tehokkaasti. Koska toteutusvaihe kattaa 80 % projektin kokonaistyöajasta ja se on kokonaisprojektin onnistumisen kannalta tärkein vaihe, työssä keskityttiin erityisesti sen kehittämiseen. Uuden prosessimallin toteutusvaiheen oleellisia osia ovat ryhmätyönä tehtävä projektisuunnittelu, alusta- ja valmisosien käytön etukäteissuunnittelu, julkaisujen suunnittelu sekä verifiointin erottamien integroinnista. Näillä toimenpiteillä pyritään toteutusvaiheen mahdollisimman tehokkaaseen ja keskeytymättömään läpiviemiseen. Koska toteutusvaihe sitoo suhteessa eniten resursseja, sen onnistumisella on suuri vaikutus koko projektin tehokkuuteen.

Testerisuunnittelun uusi prosessimalli otettiin käyttöön kahdessa pilottiprojektissa. Käyttöönotto, sen yhteydessä tehdyt havainnot ja uudesta prosessimallista saatu palaute esiteltiin luvussa 6. Palautetta kerättiin prosessimallin esittelytilaisuuksista sekä projektitiimeille tehdyllä kyselyllä. Saadun palautteen perusteella uusi prosessimalli vastasi hyvin sille asetettuja odotuksia. Projektitiimien jäsenet arvioivat uuden mallin tehostavan ja selkeyttävän toimintaa. Uuden prosessimallin uskottiin parantavan projektien aikataulujen ja kustannusarvioiden pitävyyttä. Toisaalta tiimit kaipasivat konkreettisia työkaluja projektien tueksi, pilotoinnin alkaessa kaikkia työkaluja ei vielä ollut tarjolla. Kaiken kaikkiaan prosessikehitykseen suhtauduttiin erittäin positiivisesti ja sille toivottiin jatkoa.

## 7.2 Onnistumisen arviointi

Tämän diplomityön tarkoituksena oli kehittää Espotel Oy:n testerisuunnitteluprosessia. Tutkimusongelma purettiin työn alussa neljäksi tutkimuskysymykseksi:

- K1: Minkälainen on testerisuunnitteluprosessi tällä hetkellä?
- K2: Mitkä ovat prosessin ongelmakohdat?
- K3: Miten prosessia voisi kehittää?
- K4: Kuinka prosessin kehittämisessä onnistuttiin?

Ensimmäiseen kysymykseen löydettiin kaksi toisistaan poikkeavaa vastausta: alunperin käytössä ollut prosessimalli, joka esiteltiin luvussa 2 sekä käytännössä noudatetut toimintatavat, joita on kuvattu luvussa 3. Käytännön toimintatapoja selvitettiin esimerkkiprojektia analysoimalla ja vertailemalla löydöksiä muista projekteista saatuihin kokemuksiin. Tässä onnistuttiin hyvin,



koska testeriprojekteille löydettiin joukko ominaispiirteitä, joita voitiin käyttää hyväksi työn myöhemmässä vaiheessa.

Toiseen kysymyksen tarkoituksena oli selvittää mitä ongelmia alkuperäisen prosessimallin noudattamisessa on. Työssä osoitettiin, miksi alkuperäinen tuotekehitystä varten luotu prosessimalli ei sovellu testerikehitykseen. Ongelmakohdat on esitetty pääosin luvussa 3. Työssä onnistuttiin osoittamaan tärkeimmät erot tuotekehitys- ja testeriprojektien välillä ja perustelemaan, miksi alunperin käytössä ollut prosessimalli tulisi korvata uudella.

Kerättyjen tietojen perusteella työssä koottiin vaatimukset testeriprosessille. Vaatimusten perusteella tehtiin kirjallisuuskatsaus, jossa tutkittiin eri prosessimallien soveltuvuutta testerikehitykseen. Kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi yksi yleisesti tuotekehitykseen tarkoitettu prosessimalli ja useita ohjelmistokehityksen prosessimalleja. Ennen tämän diplomityön aloittamista prosessikehitystä ideoitaessa eräänä lähtöasetelmana oli ketterien kehitysmallien soveltaminen testerikehitykseen. Työssä arvioitiin ketterien ja suunnitelmavetoisten mallien soveltuvuutta testerikehitykseen. Työssä onnistuttiin osoittamaan ja perustelemaan, että suunnitelmavetoiset prosessimallit soveltuvat paremmin testeriprojekteihin. Työssä olisi voitu tutkia enemmän tuotekehitykseen tarkoitettuja malleja ja niiden käytännön sovelluksia.

Työn lopputuloksena kehitettiin testerikehitykseen kokonaan uusi prosessimalli. Malli otettiin käyttöön kahdessa pilottiprojektissa. Käyttööntottovaiheessa prosessin kuvaus oli valmis, mutta osa prosessiin liittyvistä dokumenttipohjista sekä prosessin suorituskyvyn arviointiin tarvittava mittaristo puuttui. Nämä sovittiin tehtäväksi valmiiksi pilottiprojektien yhteydessä. Mallin toimivuutta kokonaisuutena ei voitu arvioida, koska pilottiprojekteja ei ehditty viedä läpi diplomityön valmistumisaikataulun puitteissa. Ennen kuin mallin toimivuutta voidaan arvioida kattavasti, sitä tulisi soveltaa useampiin projekteihin, jotka toteutetaan alusta loppuun asti uuden prosessimallin mukaisesti. Prosessikehityksen onnistumista voitiin tässä työssä arvioida vain heti käyttöönoton jälkeen pilottiprojekteista kerätyn palautteen perusteella. Saatu palaute perustui enemmän arviointeihin ja uskomuksiin kuin varsinaisiin käyttökokemuksiin. Prosessikehityksen onnistumisen arvioinnissa työ jäi siis puutteelliseksi.

Diplomityön tuloksena syntynyt uusi prosessimalli on nyt käytössä pilottiprojekteissa ja sitä tullaan jatkossa käyttämään kaikissa uusissa testeriprojekteissa. Tältä osin voidaan sanoa, että työ on onnistunut. Kaikki kehitystyöhön osallistuneet uskovat uuden prosessin toimivan paremmin kuin alkuperäinen toimintamalli ja korjaavan monia siinä olleita puutteita.

### **7.3 Jatkotoimenpiteet**

Uusi prosessimalli tullaan ottamaan käyttöön kaikissa uusissa testeriprojekteissa. Mallin käyttöönotto vaatii tukea ja kannustusta johdolta. Yrityksen laatuosaston tulee järjestää tarvittava koulutus prosessin uusille käyttäjille. Lisäksi tulee varmistaa, että pilottiprojektien kanssa sovitut työkalujen ja dokumenttipohjien kehitystyöt tulevat tehtyä. Jotta toteutusvaiheen suunnittelu olisi tehokasta, koko osastolle tulisi järjestää projekteihin ja prosessimalleihin liittyvää koulutusta. Malli tarjoaa projektitiimille vapaat kädet kulloinkin käytettävän toimintamallin valintaan. Erilaisten toimintatapojen vertailu vaatii kokemusta ja erilaisten prosessien tuntemusta.

Käyttökokemuksia alkaa kertyä aluksi pilottiprojekteista ja niiden perusteella mallia voidaan hienosäätää. Alkuvaiheessa TG1-, TG2- ja TG3-porttien kriteeristön toimivuus tulee arvioida käytännön projekteissa. Kriteereitä voidaan tarpeen mukaan lisätä, poistaa tai muuttaa. Mallin vaikutusta toiminnan tehokkuuteen voitaneen arvioida ensimmäisen kerran noin 3-4 kuukauden kuluttua sen käyttöönotosta. Tällöin pilottiprojektien toteutuneet työaika- ja aikataulutiedot ovat saatavilla ja niitä voidaan vertailla aiempiin projekteihin. Yksittäisten projektien vertailu on kuitenkin hankalaa, niiden sisällön erojen takia. Kattavampaa tietoa tehokkuudesta saadaan kun suurin osa projekteista noudattaa uutta mallia ja voidaan tarkastella koko osaston projekteja kokonaisuutena. Tällainen tarkastelu voitaneen tehdä ensimmäisen kerran noin puolen vuoden kuluttua prosessin käyttöönotosta.

Jo saadun palautteen perusteella malliin tulisi tehdä joitain parannuksia. Näitä ovat asiakkaan hyväksyntävaatimusten läpikäynti ennen toteutusvaihetta ja läpikäynnin varmistus portissa TG1. Vastaavasti käyttöönoton toimitussisältö tulisi määritellä ennen vaiheen alkua ja se tulisi tarkistaa portissa TG2. Projektisuunnitelman läpi käynti asiakkaan kanssa tulisi lisätä toteutusvaiheen alkuun. Havaintojen ja kehitysehdotusten keräämistä tulee jatkaa ja päivittää prosessimallia esimerkiksi pilottiprojektien päättymisen jälkeen.

Prosessikehitystä tulisi jatkaa määrittely- ja käyttöönottovaiheiden tarkemmalla prosessikuvauksella. Toinen selkeä jatkokehityskohde on tuotealustojen hallinnan tehostaminen. Alustakehitys tulisi organisoida nykyistä paremmin ja selvittää mm. kuinka vaatimusten hallintaa voitaisiin tehdä nykyistä kattavammin. Tuotealustojen käyttöasteen lisääminen vaatii panostusta myös niiden kehittämiseen ja promotointiin projekteille. Esittelytilaisuuksissa ideoidun säännöllisen projektitiimeille kohdistetun projektityytyväisyyskyselyn käyttöönottoa tulisi harkita.



## Lähdeluettelo

Abrahamsson, et al 2002

Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J. ja Warsta, J. 2002. Agile software development methods: Review and analysis. Espoo: VTT. 107 s. VTT publications 478. ISBN 951-38-6010-8.

Anttonen 2003

Anttonen, K. 2003. Tehosta projektityötä: Johda hanketta 80/20-periaatteella. Helsinki: Talentum. 270 s. ISBN 952-14-0719-0.

Artto, Martinsuo ja Kujala 2006

Artto, K., Martinsuo, M. ja Kujala, J. (toim.) 2006. Projektiliiketoiminta. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy. 416 s. ISBN 951-0-31482-x.

Beck, et al 2001

Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Hightsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R. C., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J. ja Thomas, D. 2001. Manifesto for Agile Software Development. [Viitattu: 9.7.2009]. Saatavissa: <http://www.agilemanifesto.org/>.

Bitter, Mohiuddin ja Nawrocki 2007

Bitter, R., Mohiuddin, T. ja Nawrocki, M. 2007. LabVIEW Advanced Programming Techniques. 2. p. New York: CRC Press. 520 s. ISBN 0-8493-3325-3.

Boehm 1988

Boehm, B. W. 1988. A spiral model of software development and enhancement. Computer. Vol. 21:5. S. 61-72. ISSN 0018-9162.

Boehm ja Turner 2003

Boehm, B. W. ja Turner, R. 2003. Balancing agility and discipline: a guide for the perplexed. Boston: Addison-Wesley. 304 s. ISBN 0-321-18612-5.

Cockburn 2002

Cockburn, A. 2002. Agile software development. Boston, Massachusetts: Addison-Wesley. 278 s. ISBN 0-201-69969-9 (nid.).

Cooper 1993

Cooper, R. G. 1993. Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch. 2. p. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley. 358 s. ISBN 0-201-56381-9.

Haikala ja Märijärvi 1998

Haikala, I. ja Märijärvi, J. 1998. Ohjelmistotuotanto. 5. p. Espoo: Suomen atk-kustannus. 385 s. ISBN 951-762-666-5.

Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 1997

Hirsjärvi, S., Remes, P. ja Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kirjayhtymä. 432 s. ISBN 951-26-4184-4.

Huttunen 2007

Huttunen, J. 2007. Ketterän ohjelmistokehitysmenetelmän määrittely, vertailu ja käyttäjäkysely. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Espoo. 84 s.

Jalote, et al 2003

Jalote, P., Palit, A., Kurien, P. ja Peethamber, V. T. 2003. Timeboxing: A Process Model for Iterative Software Development. [Viitattu: 16.8.2009]. Saatavissa: <http://www.cse.iitk.ac.in/users/jalote/papers/Timeboxing.pdf>.

Kangas 2003

Kangas, J. 2003. Sulautetun ohjelmiston suunnitteluprosessin kehityshanke. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Espoo. 79 s.

Kinnunen 2007

Kinnunen, M. 2007. Ketterien menetelmien vertailu ja analyysi UML/UP-viitekehyksen avulla. Pro Gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, tietojenkäsittelytieteen laitos. Jyväskylä. 114 s.

Lau ja Wang 2007

Lau, K. ja Wang, Z. 2007. Software Component Models. IEEE Transactions on Software Engineering. Vol. 33:10. S. 709-724. ISSN 0098-5589.

Lindberg 2003

Lindberg, H. 2003. Extreme Programming. Pro Gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto, tietojenkäsittelytieteen laitos. Tampere. 84 s.

Mielonen ja Hintikka 1998

Mielonen, S. ja Hintikka, K. A. 1998. Web-palvelujen käytettävyys ja tuotanto. Koulutuskeskus. Taideteollinen korkeakoulu. [Viitattu: 11.7.2009]. Saatavissa: <http://www.uiah.fi/mediastudio/survey4/>.

Mountain Goat Software 2005

Mountain Goat Software 2005. A Visual Introduction to Scrum. [Viitattu: 16.8.2009]. Saatavissa: <http://www.mountangoatsoftware.com/scrum>.

Pesonen 2007

Pesonen, H. 2007. Laatu! Asiantuntijaorganisaation laatuopas. Helsinki: Infor. 278 s. ISBN 978-952-5123-73-9.



Poimala, Heikniemi ja Blåfield 2009

Poimala, S., Heikniemi, J. ja Blåfield, H. 2009. Scrum - mahdollisuuksien taide. Sininen Meteoriitti Oy. [Viitattu: 16.8.2009]. Saatavissa: <http://www.ketteratkaytannot.fi/fi-FI/Menetelmat/Scrum/>.

Royce 1987

Royce, W. W. 1987. Managing the development of large software systems: Concepts and Techniques. Teoksessa: Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering. Monterey, California, USA. March 1987. Los Alamitos, California, USA: IEEE Computer Society Press. S. 328-338. ISBN 0-89791-216-0.

Schwaber ja Beedle 2002

Schwaber, K. ja Beedle, M. 2002. Agile Software Development With Scrum. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 158 s. ISBN 0-13-067634-9.

Sommerville 1995

Sommerville, I. 1995. Software engineering. 5. p. Harlow, Essex, England: Addison Wesley. 742 s. ISBN 0-201-42765-6.

Talvitie 2006

Talvitie, O. 2006. Procket -tuotantotestausaseman vaatimat tuotekohtaiset muutokset eri komponenttilevyjen tuotantotestauksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Espoo. 83 s.

Turner 2009

Turner, R. J. 2009. The handbook of project-based management: Leading strategic change in organizations. 3. p. New York: McGraw-Hill. 452 s. ISBN 978-0-07-154974-5.

Ulrich ja Eppinger 1995

Ulrich, K. T. ja Eppinger, S. D. 1995. Product design and development. New York: McGraw-Hill. 289 s. ISBN 0-07-065811-0.

# Liite A: Alkuperäisen testeriprosessin mittarit

Näkökulma	Mittari	Tavoitearvo 2009
Laatu	Asiakkaan tuotantoprosessin kokonaisensisaanto heti tuotannon aloituksen jälkeen.	> 85 %
Toimitusvarmuus, Laatu	Testerin käyttöönottoaika tuotannossa	< 3 päivää
Asiakastyytyväisyys	Asiakasreklamaatioiden lukumäärä	< 3 kpl / vuosi
Henkilöstö	Henkilöstön vaihtuvuus	< 10 % / vuosi

## 1. Laatu

Laatumittariksi on asetettu asiakkaan tuotantoprosessin kyvykkyys heti tuotantoprosessin käynnistyttyä. Mitattava suure on tuotantoprosessin ensisaanto (First Pass Yield, FPY). Espotelin toimittama testeri on vain yksi ensisaantoon vaikuttavista tekijöistä. Saantoon vaikuttavat mm. tuotesuunnittelun, tuotantosuunnittelun ja testerisuunnittelun onnistuminen. Tuotantoon siirrossa on kyse useiden eri toimijoiden ja yritysten välisestä yhteistyöstä. Joissain tapauksissa tuotantoon siirrosta vastaa NPI-projekti tai -tiimi, joka huolehtii käytännön toimenpiteistä ja tiedon siirtämisestä eri osapuolten välillä. Mittarin käytöllä on haettu kokonaisvastuun kantamista asiakkaan tuotannon käynnistämisestä ja tuotantolaadusta. Tarkoituksena on kannustaa Espotelin testeriprojektia huolehtimaan siitä, että kaikki tuotantoon siirtämisessä tarvittavat näkökulmat on huomioitu ja tarvittaessa tarjota NPI-palveluja laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

Mittarin käyttö on haasteellista, koska vain pieni osa siihen vaikuttavista tekijöistä on suoraan Espotelin testeriprojektin hallittavissa. Mittari tarkastelee tuotantoa kokonaisuutena asiakkaan näkökulmasta ja se tukee Espotelin pyrkimyksiä toimia luotettavana ja kokonaisvaltaisena partnerina asiakkailleen. Mittarin voidaan ajatella jopa kannustavan kokonaan uusien palvelumuotojen kehittämiseen. Mittarin tavoitearvona on yli 85 % ensisaanto heti tuotannon käynnistyttyä.

## 2. Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuusmittarilla mitataan prosessin kyvykkyyttä tuottaa käyttövalmiita ja asetetut kriteerit täyttäviä testereitä. Mitattavana suurena on testerin käyttöönottoaika tuotannossa. Mitauksella pyritään siihen, että kaikki testereihin liittyvä suunnittelu ja tarvittavat säädöt tehdään ennen testerin toimittamista tuotantoon ja että kaikki kohdotehtaan, asiakkaan ja käyttäjien asettamat vaatimukset on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa. Ennen tuotannon aloitusta tehtaalla operaattorit ja mahdolliset ylläpitäjät koulutetaan testerin käyttöön ja testerin toimivuus tehdasympäristössä varmistetaan. Käyttöönoton lopuksi suoritetaan ns. SAT-katselmointi, jonka tarkoituksena on varmistaa että kohdotehtaan vaatimukset on huomioitu ja toteutettu. Mittarin tavoitearvona on tuotannon käynnistys alle kolmessa päivässä siitä kun testeri on saapunut tehtaalle.




### **3. Asiakastyytyväisyys**

Asiakastyytyväisyyttä mitataan asiakasreklamaatioiden lukumäärää tarkkailemalla. Tavoitteena on alle 3 reklamaatiota vuodessa. Lisäksi asiakastyytyväisyyttä mitataan yritystasolla säännöllisillä asiakastyytyväisyyskyselyillä. Asiakastyytyväisyyskyselyjen tulokset ovat liiketoimintayksikön johtoryhmän ja projektipäälliköiden käytettävissä.

### **4. Henkilöstötyytyväisyys**

Henkilöstötyytyväisyysmittarina on henkilöstön vaihtuvuus vuositasolla tarkasteltuna. Mittarin tavoitearvona on alle 10 % vaihtuvuus.

## Liite B: Asiakastyytyväisyyskysely

Webropol	Page 1 of 2
<div>0% valmiina (Sivu 1 / 1)</div> <div><b>Projektityytyväisyyskysely</b></div> <div> Advanced Embedded Solutions</div>	
<b>Tuotekehitysprojektin eteneminen</b>	
<b>Arvioi tyytyväisyyttäsi Espotelin toimintaan tuotekehitysprojektin läpiviennin aikana.</b>	
Asteikko 1 = erittäin tyytymätön...4 = erittäin tyytyväinen	
1) Sovitussa aikataulussa pysyminen	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
2) Sovitussa kustannusarviossa pysyminen	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
3) Projektin aikana tehtyjen projektin laajuutta koskevien muutosten hallinta (mikäli ollut)	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
4) Kanssakäyminen ja vuorovaikutus projektiin osallistuvien kesken (Espotel ja asiakas)	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
5) Projektihenkilöstön tavoitettavuus	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
6) Projektihenkilöstön palvelualttius/halukkuus	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
7) Espotelin tapa reagoida asiakkaan tekemiin ehdotuksiin/aloitteisiin	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
8) Ratkaisujen innovointi	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
9) Espotelin projektipäällikön/projektikoordinaattorin ammattitaito ja osaaminen	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
10) Projektihenkilöstön ammattitaito ja osaaminen	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> Eos	
<a href="http://www.webropol.com/Pages/Clients/preview.aspx?id=301370">http://www.webropol.com/Pages/Clients/preview.aspx?id=301370</a>	29.9.2009



**11) Projektin ohjausryhmän toiminta**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Eos

**12) Projektin vastuunjaon onnistuminen asiakkaan ja Espotelin kesken**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Eos

**13) Espotelin toimittamien dokumenttien laatu**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Eos

**Avoimet kommentit koskien projektin etenemistä ja läpivientä:**

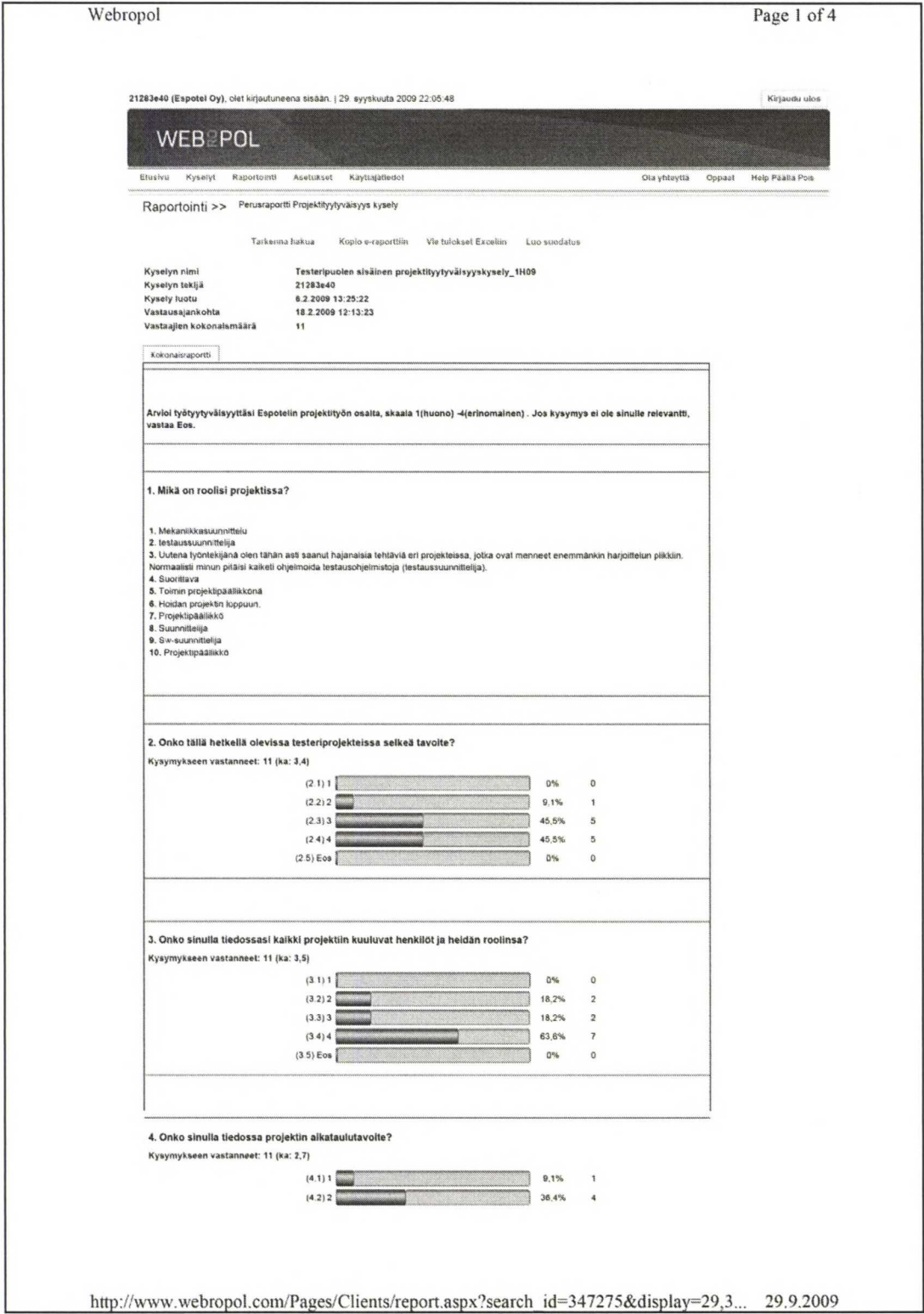
**14) Mitkä ovat projektin etenemisvaiheessa kannaltasi tärkeimmät asiat?****15) Missä asiassa/asioissa Espotel on mielestäsi onnistunut erityisen hyvin?****16) ...tai olisimme voineet tehdä paremmin?**

**KIITOS VASTAUKSISTASI!**

Lähetä



Liite C: Henkilöstötyytyväisyyskyselyn tulokset

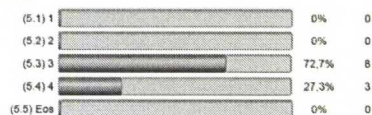


http://www.webropol.com/Pages/Clients/report.aspx?search\_id=347275&display=29,3... 29.9.2009

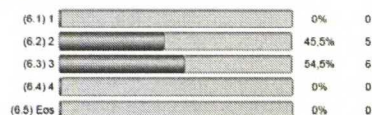


**5. Tunnetko saaneesi riittävän ohjeistuksen tehtäviisi suorittamiseen?**

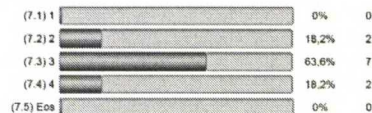
Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 3,3)

**6. Kuinka mielestäsi tiedonkulku projektissa sujuu?**

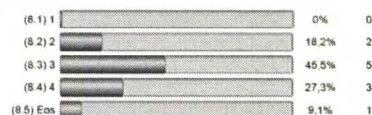
Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 2,5)

**7. Pystytkö mielestäsi vaikuttamaan riittävästi projektin tavoitteiden saavuttamiseen?**

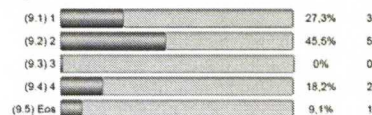
Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 3)

**8. Onko projektin vastuunjako selkeä?**

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 3,3)

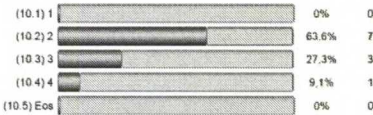
**9. Onko muutoshallinta mielestäsi ammattimaista?**

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 2,4)



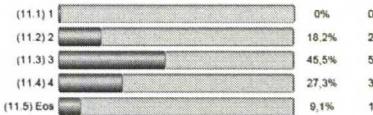
10. Onko projektin tuotokset (dokumentit, koodi, hw...) katsoelmoitu riittävällä huolellisuudella?

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 2,5)



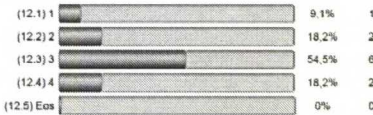
11. Onko projektipäällikkö mielestäsi tilanteen tasalla?

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 3,3)



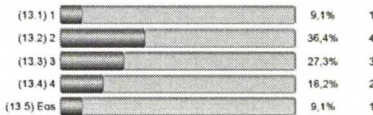
12. Ehditkö suoriutua sinulle annetuista tehtävistä annetuissa aikatauluissa?

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 2,8)



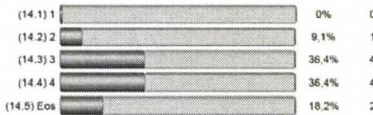
13. Ehditkö toteuttaa ja varmistaa työsi laadun riittävästi?

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 2,8)



14. Toimiiko projektipäällikkö ammattimaisesti projektin tavoitteiden saavuttamiseksi?

Kysymykseen vastanneet: 11 (ka: 3,8)





KIITOS VASTAUKSISTASI!



Liite D: TG1-kriteerit

Espotel Tester Process / 2009 Release UD				
Project: Customer X, Project Y				
Process Area TG1 Criteria		Valid (yes/no) if no, add comment	Comments	Status
Business case	Do the key financials support design and implementation phase ?	YES		NOK
	Is there Order for the Project ?	YES		NOK
Resources	Is there a preliminary schedule for the project ?	YES		NOK
	According preliminary resource planning, do we have resources for the project ?	YES		NOK
Specifications	Is the Production Test Specification ready for design and implementation phase?	YES		NOK
	Are the non-functional requirements of Test System known ?	YES		NOK
	Is EMS and factory for the Test System known ?	YES	Factory:	NOK
	Is platform known (ie. customers, Flex, Light, Compact) ?	YES	Platform:	NOK
	Is the platform variant known (ie. instrumentation of Test Station) ?	YES	Variant:	NOK
	Is the number of variants of UUT known? How many variants there are?	YES	# of variants: X	NOK
	Is the Offer and Order of the project up-to-date ?	YES		NOK
Maturity of UUT	Do the UUT meet specifications ?	YES		NOK
	Is the layout of UUT frozen ? How many layout rounds are done?	YES	# of layout rounds: X	NOK
	Is the type testing done ?	YES		NOK
	Is the EMC testing done ?	YES		NOK
	Is the final mechanics ready ?	YES		NOK
	Is the SW-interface to tester ready and tested ?	YES		NOK
	Is there fully functional prototype of UUT available ?	YES		NOK
	R&D team opinion about maturity of UUT	YES		NOK
	Customers tester team opinion about maturity of UUT	YES		NOK
	Customers tester team opinion about maturity of UUT	YES		NOK
	Espotel's tester team opinion about maturity of UUT	YES		NOK
Initial data	Schematics of UUT available (native + PDF) ?	YES		NOK
	Layout files of UUT available (native + PDF) ?	YES		NOK
	Mechanics sample or 3D file of UUT available ?	YES		NOK
Project	Project added to the tester project follow up table?	YES		NOK
Date	Insert date here!			
Participants	Insert names here!			
DECISION	Start Implementation phase?	YES	Insert argumentation here!	NO GO



Liite E: TG2-kriteerit

Espotel Tester Process / 2009 Release UD				
Project: Customer X, Project Y				
Process Area	TG2 Criteria	Valid (yes/no) if no, add comment	Comments	Status
Change management	Is the current scope of project same as in TMS1 (workload, materials, specifications, etc.) ?	YES		NOK
	Are the changes of scope communicated to the sales?	YES		NOK
	Are the changes of scope communicated to the customer?	YES		NOK
	Is there additional order(s) for changed workload and/or materials?	YES		NOK
FAT	Is the FAT done (according applicable FAT checklist) ?	YES	FAT CheckList: file	NOK
	Is the documentation delivered to the customer ?	YES		NOK
Acceptance	Are the UUT Test Specification changes approved by UUT designers ?	YES		NOK
	Is there customer approval for FAT ?	YES		NOK
	Is the system demonstrated to production / factory / EMS ?	YES		NOK
	Are the requirements of production / factory / EMS known ?	YES		NOK
Project	Is the Implementation project closed from A&M reporting system ?	YES		NOK
	Is the comissioning / maintenance / update project created into A&M reporting system ?	YES		NOK
	Is the end report of implementation project created ?	YES	End report: filename	NOK
Date	Insert Date Here!			
Participants	Insert names here			
DECISION	Accept implementation phase?	YES	Insert argumentation here	NO GO

Liite F: TG3-kriteerit

Espotel Tester Process / 2009 Release UD				
Project: Customer X, Project Y				
Process Area	TG3 Criteria	Valid (yes/no) if no, add comment	Comments	Status
SAT	Is the SAT done (according applicable SAT check list)?	YES	SAT CheckList: file	NOK
	Is SAT approved by factory ?	YES		NOK
	Is SAT approved by customer ?	YES		NOK
	Is SAT approved by Espotel ?	YES		NOK
Comissioning	Is the training session held for production / factory / EMS people ?	YES		NOK
	Is the maintenance documentation delivered to the production ?	YES		NOK
	Is there golden sample at production ?	YES		NOK
After sales	Is the maintenance offered to the customer ?	YES		NOK
	Is the additional training offered to the customer ?	YES		NOK
	Is spare part kit(s) offered to the customer ?	YES		NOK
	Is SPC Tool offered to the customer ?	YES		NOK
	Is other SPC services (ie. gage R&R) offered to the customer ?	YES		NOK
Project	Is the Comissioning project closed from A&M reporting system ?	YES		NOK
	Is the maintenance / update project created into A&M reporting system ?	YES		NOK
	Is the end project end report created ?	YES		NOK
Date	Insert Date Here!			
Participants	Insert names here			
DECISION	Accept Comissioning phase?	YES	Insert argumentation here	NO GO



Liite G: TG1:n soveltaminen pilottiprojektiin 1

Espotel Tester Process / 2009 Release UD					
Project: Customer X, Project: Pilot project1					
Process Area TG1 Criteria		Valid (yes/no) if no, add comment	Comments	Risk	Status
Business case	Do the key financials support design and implementation phase ?	YES			OK
	Is there Order for the Project ?	YES			OK
Resources	Is there a preliminary schedule for the project ?	YES	Preliminary schedule is presented in the offer		OK
	According preliminary resource planning, do we have resources for the project ?	YES	Resource planning is presented in the offer		OK
Specifications	Is the Production Test Specification ready for design and implementation phase?	YES	Not yet. Customer is updating test specifications and will deliver these on August	MEDIUM	NOK
	Are the non-functional requirements of Test System known ?	YES			OK
	Is EMS and factory for the Test System known ?	NO	Factory:	LOW	NOK
	Is platform known (ie. customers, Flex, Light, Compact) ?	YES	Platform: Flex		OK
	Is the platform variant known (ie. instrumentation of Test Station) ?	YES	Variant:		OK
	Is the number of variants of UUT known? How many variants there are?	YES	Number of variants are defined in test specifications. We have clue of number of variants from earlier test specifications.	MEDIUM	NOK
	Is the Offer and Order of the project up-to-date ?	YES			OK
Maturity of UUT	Do the UUT meet specifications ?	YES	Schematics and layouts yes, but test specifications missing		OK
	Is the layout of UUT frozen ? How many layout rounds are done?	YES	Number of layout rounds are unknown, but Customer convince maturity of UUT		OK
	Is the type testing done ?	YES			OK
	Is the EMC testing done ?	YES	No idea	HIGH	NOK
	Is the final mechanics ready ?	YES			OK
	Is the SW-interface to tester ready and tested ?	YES	Customer alraeady have test equipments for UUTs		OK
	Is there fully functional prototype of UUT available ?	YES	Available prototypes not working, these are just models for mechanic design	MEDIUM	NOK
	R&D team opinion about maturity of UUT	YES	Final tests are ongoing	HIGH	NOK
	Customers tester team opinion about maturity of UUT	YES			OK
Initial data	Project added to the tester project follow up table?	YES		LOW	NOK
	Date	5.8.2009			
	Participants	Juha Ojaniemi (Business Unit Director) Teppo Väliisaari (Project Manager)			
	DECISION	Start Implementation phase?	YES	Implementation phase can start after delivery of frozen design documentation of UUT	NO GO



Liite H: Kysely uuden prosessimallin käyttöönotosta

3db60449 (Espotel Oy / HR): olet kirjautuneena sisään. | 21. syyskuuta 2009 8:58:39

Kirjaudu ulos

WEBPOL

EtusivuKyselytRaportointiAsetuksetKäyttäjätiedotOta yhteyttäOppaatHelpPaalija

Raportointi >> Perusraportti TESTERISUUNNITTELUPROSESSI

Vastaajien listausKopio e-raporttiinVie tulokset ExceliinLuo suodatus

Kyselyn nimiKyselyn tekijäKysely luotuVastausajankohtaVastaajien kokonaismäärä

testerisuunnitteluprosessin pilotointi, Tero Leppänen3db604499.9.2009 8:55:5718.9.2009 14:05:596

Kokonaisraportti

1. Roolisi projektissa:

Kysymykseen vastanneet: 6 (ka: 1,5)

(1.1) a) suunnittelija

50%3

(1.2) b) projektipäällikkö

50%3

(1.3) c) muu

0%0

Kysymys [1.3] (Roolisi projektissa: c) muu

1. Ei vastauksia

2. Vastaa kysymyksiin asteikolla 1 = EI ... 5 = KYLLÄ

Kysymykseen vastanneet: 6

	1 EI (arvo: 1)	2 (arvo: 2)	3 (arvo: 3)	4 (arvo: 4)	5 KYLLÄ (arvo: 5)
1. Tehostaako uusi testerisuunnitteluprosessi i testerikehitystä? (ka: 4,667; yht: 6)	0% 0	0% 0	0% 0	33,3% 2	66,7% 4
2. Vaikuttaako uusi prosessimalli toimintaasi testeriprojekteissa? (ka: 3,167; yht: 6)	33,3% 2	0% 0	0% 0	50% 3	16,7% 1
3. Auttaako uusi prosessi aikataulujen pitävyydessä? (ka: 4; yht: 6)	0% 0	0% 0	16,7% 1	66,7% 4	16,7% 1
4. Auttaako uusi prosessi kustannusarvioiden pitämisessä? (ka: 3,833; yht: 6)	0% 0	0% 0	16,7% 1	83,3% 5	0% 0
5. Uskotko, että uusi prosessimalli saadaan t ehokkaasti käyttöön 6 kuukauden sisällä? (ka: 3,833; yht: 6)	0% 0	16,7% 1	0% 0	66,7% 4	16,7% 1
6. Oletko saanut riittävän koulutuksen uuden prosessimallin käyttöön? (ka: 3,333; yht: 6)	0% 0	16,7% 1	50% 3	16,7% 1	16,7% 1
7. Koetko uuden prosessin mielekkääksi om an työsi kannalta? (ka: 4,5; yht: 6)	0% 0	0% 0	0% 0	50% 3	50% 3
ka: 3,905; yht: 42	4,8% 2	4,8% 2	11,9% 5	52,4% 22	26,2% 11

3. Mitä huonoja puolia uudessa prosessimallissa on?

1. - Tietty byrokratia, joka ei ole järkevää pienissä projekteissa, mutta sehän antaa mahdollisuuden näiden steppien poisjättämiseen. (19462717) [1]

2. Aikataulut yleensä venyy 2-3 ongelman selvittämisessä. Miten taklataan problem solving? (19462710) [1]

3. - (19462711) [1]

4. Ei tule vielä mieleen (19462716) [1]

5. Aika näyttää, nyt ei tule mieleen. Asiaa on selkeästi mietitty. (19462714) [1]

6. Ei pysty sanomaan, kun en varsinaisesti ole vielä käyttänyt. (19462713) [1]



4. Mitä hyviä puolia uudessa prosessimallissa on?

- 1. - joustava - minimoi riskit -> varsinainen suunnittelu vasta kun faktat on pöydässä - selvät työtavat myös projektin loppuun. Lähetetään asiakkaalle vasta kun projekti on oikeasti valmis ja testattu (näinhän ei nyt aina ole) (19462717)
- 2. Selkeät etapit. Etappeja ei liikaa. Prosessimalli antaa mahdollisuuden joustaa (Agility). Laadutason pitäisi edelleen parantua. (19462710)
- 3. Raskaat Milestonekriteerit saa jättää pois (19462711)
- 4. Gatejen väheneminen mahdollistaa prosessimallin todellisen käytön. Aloituksen lykkääminen kunnes tuote/speksi on valmis on varmasti tärkeimpiä uudistuksia. (19462716)
- 5. Hallitumpi aloitus helpottanee itse projektityötä. Ei tule niin paljon selvittävää projektin aikana. Ei juurikaan aiheuttane tuotlamatonta lisätyötä. (19462714)
- 6. Selkeyttää toimintaa. (19462713)

5. Mitä uudessa prosessissa tulisi vielä kehittää?

- 1. - varmaan kaikki pohjat sun muut, ettei näihin tarvitsisi käyttää kokouksissa hirveästi aikaa. - myös suunnittelijan olisi jossain tapauksissa hyvä päästä vaikuttamaan tai ainakin antamaan kommenttia päätöksiin jo alkuvaiheessa. Yleensä asiat voidaan toteuttaa monella tavalla ja sillä joka toteutuksen joutuu tekemään on intressi, että se toteutetaan järkevästi ja pienellä riskillä... Eikä niin että toteutusta muutetaan puolessa välissä kun valittu tie olikin umpikuja. (19462717)
- 2. Miten prosessia kontrolloidaan? Projektilla täytyisi olla intressi (esim. raha) hyväksyttää etapit. Milen estetään 'rönsyily'? Ongelmien ratkaisu (problem solving) olisi hyvä saada prosessiin mukaan. (19462710)
- 3. Pitäisi puretua vielä tarkemmin Integraatio-osuuteen ja selvittää suunnittelijoille mitä tehdään ja varsinkin miksi (19462711)
- 4. Kaikki tarvittavat templatet, Testerin hyväksynnälle pitäis olla valmis kattava prosessi, josta sitten vaikka asiakkaan kanssa projektin alussa sovitaisiin hyväksynnän kattavuus. (19462716)
- 5. Kts. kohta 3. (19462714)
- 6. Jatkokehitystä kaipaaisiin vielä dokumenttipohjiin. (19462713)

6. Vapaat kommentit testeriprosessin kehityksestä:

- 1. - en tiedä kuinka hyvin tuota sitten tullaan noudattamaan, mutta erittäin järkevä ja yksinkertainen prosessi omasta mielestä. (19462717)
- 2. Testerikehityksellä (varsinkin tuoteistetulla prosessilla/testerituotteilla) omat vaatimukset vs tuotekehitys. (19462710)
- 3. - (19462711)
- 4. Hyvä alku/pohja, mutta prosessin toimivuus ratkaistaan siinä kuinka hyvin prosessi otetaan käyttöön ja kaikki tarvittavat templatet generoitua heti alussa. On tärkeää, että käydään asioita tekemään heti niin kuin prosessi ohjaa... (19462716)
- 5. Ei tunnu luotaantyydyttävän raskaalta prosesseilta. Hyvä homma kaikenkaikkiaan. (19462714)
- 6. Prosessia pitää pystyä kehittämään jatkuvasti. Ollaan ollu aikalailla jämähtäneessä tilassa. Kaikki pitäisi saada mukaan tuohon kehitykseen. (19462713)

